

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN BEZOJOVÉHO LETIŠTNÍHO TAHAČE

DESIGN OF TOWBARLESS AIRCRAFT TRACTOR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marek Holováč

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav konstruování
Student:	Bc. Marek Holováč
Studijní program:	Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor:	Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce:	doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.
Akademický rok:	2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Design bezojového letištního tahače

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Současní výrobci letištních tahačů kladou důraz na funkčnost i spolehlivé konstrukční řešení a výrazně opomíjejí estetické aspekty, vizuální rozdíly jejich produkce v posledních několika desetiletích jsou tak téměř zanedbatelné. Progresivní designérský koncept s využitím aktuálních trendů technického řešení ukáže možnosti výtvarně-technické inovace v této oblasti.

Typ práce: vývojová - designérská

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Navrhnout design letištního tahače vysoké výkonové kategorie, schopného manipulovat s největšími letadly. V návrhu rozvinout koncept semiautonomity vozidla s projekcí do celkového vizuálního výrazu a zlepšením ergonomických i funkčních parametrů.

Dílčí cíle diplomové práce:

- identifikovat současnou produkci letištních tahačů,
- navrhnout originální výtvarně - technický koncept výkonného tahače,
- realizovat prezentační model letištního tahače ve vhodném měřítku,
- zdůvodnit principiální funkčnost vytvořeného návrhu.

Požadované výstupy: funkční vzorek, průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 - 50 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2017.pdf

Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně / Technická 2896/2 / 616 69 / Brno

Seznam literatury:

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William a Gerry MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

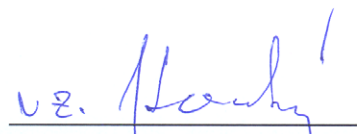
PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob a Young Yun KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

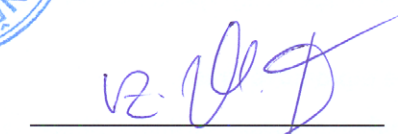
TICHÁ, Jana a Jan KAPLICKÝ. Future systems. Vyd. 1. Praha: Zlatý řez, 2002. ISBN 80-901562-6-6.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 1. 11. 2016


prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu




doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Témou této práce je návrh konceptu bezojového letiskového ťahače vysoké výkonnosti v kategorii. Koncept přináší odlišné tvarové řešení celkového vzhledu vozidla založené primárně na nových technologiích a řešeních.

KLÍČOVÉ SLOVÁ

Letištní tahač, bezojový, tažení letadla, vytlačování, letiště, design

ABSTRACT

Topic of this thesis is concept design of high power towbarless aircraft tractor. Concept brings up different form design for overall appearance of vehicle based primarily on new technologies and solutions.

KEYWORDS

Aircraft tractor, towbarless, aircraft towing, pushback, airport, design

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

HOLOVÁČ, M. *Design bezojového letištního tahače*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 90 s. Vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD..

PREHLÁSENIE O PÔVODNOSTI

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu na tému Design bezojového letiskového ťahača vypracoval samostatne, pod vedením svojho vedúceho doc. akad. soch. Ladislava Křenka, ArtD. s použitím literárnych a elektronických zdrojov, ktoré sú v texte citované a uvedené na konci práce v zozname použitých zdrojov.

.....
v Brne dňa

.....
podpis autora

POĎAKOVANIE

Touto cestou by som chcel poďakovať pánovi doc. akad. soch. Ladislavovi Křenekovi ArtD., za cenné rady, postrehy a pripomienky. Ďalej by som chcel poďakovať svojej rodine za podporu a trpezlivosť. Veľké ďakujem taktiež patrí spolužiakom za ochotu pomôcť, poradiť a poskytnúť užitočné postrehy. V poslednej rade by som rád poďakoval mojim kamarátom za podporu a pomoc počas celej doby štúdia.

OBSAH	
ABSTRAKT	5
KEÚČOVÉ SLOVÁ	5
ABSTRACT	5
BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA	5
POĎAKOVANIE	9
1 ÚVOD	13
2 PREHĽAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA	14
2.1 Designérska analýza	14
2.1.1 Goldhofer AST-1 X	16
2.1.2 TLD TPX 500-S	17
2.1.3 DOUGLAS TUGMASTER TBL600	17
2.1.4 KALMAR TBL 800 HYBRID	18
2.1.5 TAXIBOT	19
2.1.6 MOTOTOK SPACER	20
2.2 Technická analýza	21
2.2.1 Ojové ťahače	21
2.2.2 Bezojové ťahače	22
2.2.3 Popis bežného pracovného procesu vytlačania lietadla	22
2.2.4 Základné časti bezojového letiskového ťahača	23
2.2.5 Trendy a ďalšie smerovanie	28
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CIEĽ PRÁCE	30
3.1 Ciele	30
4 VARIANTNÉ ŠTÚDIE DESIGNU	31
4.1 Variant 1	31
4.2 Variant 2	32
4.3 Variant 3	33
5 TVAROVÉ RIEŠENIE	35
5.1 Proporcie	35
5.2 Kompozícia	36
5.3 Hlavné krytovanie tela	37
5.4 Zadné kryty kolies	38
5.5 Plošina	39
5.6 Kabína	40
5.7 Svetlá a výstražné svetlá	41
5.8 Mechanizmus	43
6 KONŠTRUKČNE TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ RIEŠENIE	44
6.1 Technické riešenie	44
6.1.1 Základné rozmery	45
6.1.2 Zatačanie a polomer	45
6.1.3 Systém mechanizmu a rozmery	46
6.1.4 Rám	48
6.1.5 Pneumatiky	48
6.1.6 Pohonné jednotky a chladenie	49
6.1.7 Batérie	51
6.1.8 Hydraulické systémy	51
6.1.9 Kabína	52

6.1.10 Riadiace a asistenčné systémy	52
6.1.11 Materiály	53
6.2 Ergonomické riešenie	53
6.2.1 Nástupná plošina	54
6.2.2 Kabína a vstup do kabíny	54
6.2.3 Interiér	56
6.2.4 Zorné podmienky	58
6.2.5 Svetlá a kamerové systémy	60
6.2.6 Logická schéma ovládania	62
6.2.7 Základné servisné prístupy	63
7 FAREBNÉ A GRAFICKÉ RIEŠENIE	64
7.1 Hlavný farebný variant	64
7.2 Ďalšie farebné varianty	65
7.3 Farebné varianty pre jednotlivé spoločnosti	66
7.4 Bezpečnostná a varovná grafika	68
7.5 Grafické číselne označovanie	69
7.6 Systém svetelného a grafického varovania	70
8 DISKUSIA	72
8.1 Psychologická funkcia	72
8.2 Sociálna funkcia	73
8.2.1 Záujem spoločnosti	73
8.2.2 Ekológia	73
8.3 Ekonomická funkcia	74
8.3.1 PODNIKATEĽSKÁ STRATÉGIA	74
8.3.2 ANALÝZA TRHOVÝCH PRÍLEŽITOSTÍ	74
8.3.3 VÝBER CIEĽOVÝCH TRHOV	76
8.3.4 MARKETINGOVÁ STRATÉGIA	77
8.3.5 SWOT	78
9 ZÁVER	79
10 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	80
11 ZOZNAM OBRÁZKOV A GRAFOV	83
12 ZOZNAM PRÍLOH	85

1 ÚVOD

1

Rozvoj a rozmach leteckej dopravy priniesol potrebu vývoja nielen lietadiel samotných, budovania pristávacích plôch a letísk, ale aj potrebu rozvoja vozidiel upravených a prispôsobených na vykonávanie špecifických úkonov, či už pri procese údržby alebo pri manipulácii s lietadlom. Rozmer, výkon a vzhľad týchto vozidiel sa však výrazne líši. Ich spoločným znakom je úzka špecializácia na určenú činnosť, pohyb pri pomerne nízkych rýchlostiach, ako aj to, že sa pohybujú po uzavretej ploche letiska. Zároveň však potreba týchto vozidiel bude vzhľadom na smerovanie v doprave narastať.

Jedným z posledných procesov vykonávaných pred odletom lietadla z letiska je vytlačanie (alebo aj pushback). Napriek tomu že lietadlá sa vedia pohybovať dozadu aj použitím reverzného pohonu na motoroch, z dôvodu možnosti poškodenia motorov či budov letiska sa na vytlačanie používajú špeciálne upravené ťahače. Tieto ťahače majú nízku svetlú výšku, veľký výkon a z dôvodu lepšej trakcie aj vysokú hmotnosť. V blízkosti odletových hál sú tak často sledované aj bežnými cestujúcimi pozorujúcimi leteckú prevádzku, nielen obsluhou letiska. Zároveň však slúžia ako pracovné nástroje a mali by spĺňať čo najviac predpokladov pre optimálne užívanie s maximálnym ohľadom na zachovanie či zlepšenie celkovej funkčnosti. Napriek tomu, však letiská využívajú techniku z minulých desaťročí.

Vytvorenie konceptu nového odlišného produktu výraznejšie zohľadňujúceho dizajnérske aspekty navrhovania je na tomto trhu žiadúce a môže prispieť k zväčšenému záujmu a akcelerácii vývoja, s následným zvýšením predajov.

2 PREHĽAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA

2.1 Designérska analýza

História pozemnej manipulácie s lietadlami je úzko prepojená s vynálezom samotného lietadla. Ako najprimitívnejší a najrýchlejší spôsob sa javilo použiť ľudskú silu, ktorá slúžila ako hlavný spôsob až do vypuknutia prvej svetovej vojny. Prvá svetová vojna znamenala rozmach leteckého priemyslu, čím sa po jej skončení a rýchlemu prieniku lietadiel do súkromnej sféry naskytila možnosť využívať na tento proces inú dostupnú techniku. [3]

Ako najjednoduchšie riešenie ťahania lietadiel vo farmárskych oblastiach severnej Ameriky sa javilo využívať bežne dostupné malotraktory, ktoré na spojenie s lietadlom využívali lano. Toto riešenie bolo zaužívané aj v druhej svetovej vojne, kedy sa do vývoja mierne upravených modelov traktorov, zapájajú aj automobiloví výrobcovia, ako Ford s modelom 9N.[3]



Obr.2-1 Traktory Ford 9N ťahajúce F6F Hellcat [1]

Druhá svetová vojna slúžila ako hlavný akceleračný faktor technického vývoja v 20. storočí, čo sa prejavilo aj v rozmachu komerčného letectva po jej skončení. Všetci novovzniknutí výrobcovia pokračovali vo vývoji techniky pre letectvo a pridávali sa ďalší, ktorí boli úspešní v iných segmentoch trhu. Takýmto prípadom je aj firma Lektro ktorá v roku 1967 prichádza s prvým elektrickým ťahačom, určeným pre menšie lietadlá. [3] V roku 1980 po spolupráci firmy Tracma s Air France vzniká prvý bezojový lietadlový ťahač. Do tejto doby všetky tajace na ukotvenie lietadla a vozidla používali buď pevné ťažné oje alebo laná.[3]

Na území Československa vývoj špecializovaného letiskového ťahača začína firma Tatra v druhej polovici 80. rokov na základe požiadavky leteckej spoločnosti ČSA, ktorá nemohla pre pražské letisko z dôvodu vysokých nákladov nakúpiť ťahače zo západu. Samotná Tatra 815 TL vzniká v roku 1988 použitím podvozku tatra 815 a kabíny

zo žeriavového podvozku PJ. Z dôvodu nezáujmu iných krajín východného bloku bolo vyrobených iba 5 kusov. [4]



Obr.2-2 Tatra 815 TL [2]

V roku 1990 firma TLD vytvára divíziu vybavenia pozemnej podpory a kupuje firmy Tracma, Albret Industrie, Erma, Devtec a Lantis, čím sa stáva globálnym hráčom a v súčasnosti jednou z najvýznamnejších firiem v tomto odvetví. [3]

Najdôležitejší zastúpcovia súčasnej produktovej rady

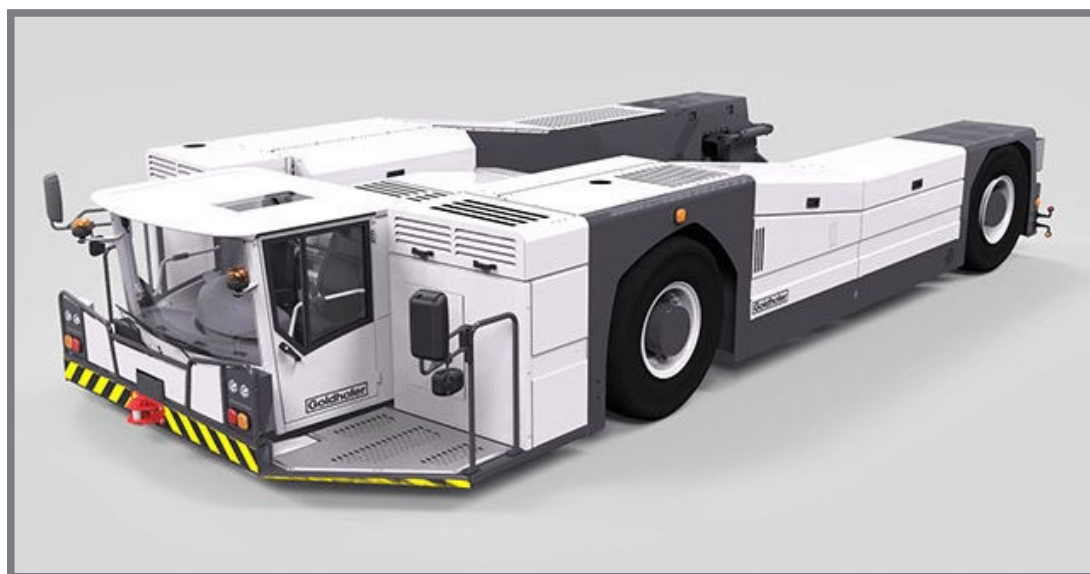
Vývoj v oblasti letiskových ťahačov je v porovnaní s ostatnými dopravnými prostriedkami pomerne pomalý a tak sa v súčasných produkciách veľkých výrobcov nachádzajú vizuálne takmer nezmenené modely od prelomu 80. a 90. rokov. Produkcia lietadlových ťahačov sa naďalej delí na ojové a bezojové ťahače, napriek tomu, že bezojové ťahače sú jednoduchšie, či už na použitie s rozličnými typmi lietadiel ako aj celkovú manipuláciu a ovládateľnosť. Hlavným dôvodom zachovania produkcie ojových ťahačov je teda primárne a takmer výhradne ich nižšia cena. Technická inovácia a ďalší vývoj sa však smeruje na oblasť bezojových ťahačov, na ktorú bude aj analýza zameraná.

Produkcia bezojových (ale aj ojových) ťahačov sa následne bližšie špecifikuje podľa typu lietadiel, na ktoré je daný ťahač optimalizovaný. Hlavnými parametrami sú teda celkový výkon vozidla ale aj jeho svetlá výška, ktorá rozhoduje o tom, či sa vozidlo zmestí pod nosovú časť lietadla a je schopné uskutočniť spojenie s podvozkom.

V nasledujúcej časti budú predstavené najmä vozidlá najvyššej výkonovej kategórie jednotlivých výrobcov a vozidlá, ktoré do tejto kategórie nespádajú, avšak sú vizuálne či technologicky netradičné a zaujímavé.

2.1.1 Goldhofer AST-1 X

Nemecká firma Goldhofer je známa najmä vďaka svojej expertíze vo vývoji a výrobe podvozkov pre nadrozmerné náklady. V segmente leteckých ťahačov je to zároveň najväčší výrobca z Nemecka (po fúzii s konkurenčnou firmou Schopf) a jeden z najvýznamnejších zástupcov na svetovom trhu. Goldhofer AST-1 je ich najvyšší model z kategórie bezojových letiskových ťahačov, vyrábaný vo viacerých motorových a rozmerových modifikáciách. Najvyšší variant je schopný manipulácie s Airbusom A380 a je vybavený pohonom 6x6 a celkovým výkonom 1000 kW. Bežný model je predávaný s pohonom 4x4 a výkonovými variantmi 360kW alebo 500 kW, ktorého celkové rozmery sú 9,5 metra na dĺžku a 4,5 metra na šírku. [5]



Obr.2-3 Goldhofer AST 1-600 [7]

Tvarovo sa vozidlo výrazne nevymyká z hranatého a prísne konštrukčného tvarovania letiskových ťahačov. Jedná sa však o jedno z najnovšie vyvinutých vozidiel daného výrobcu na ktorom badať určité smerovanie k vizuálne estetickému tvarosloviu. Najvýraznejším prvkom je kabína, ktorá poskytuje obsluhu lepšiu výhľad a zároveň opticky ani fyzicky výškovo nevystupuje. Optimálny výhľad pre úkony s pripájaním lietadla je zabezpečený otočnou sedačkou vo vnútri a hydraulickým zdvíhacím mechanizmom pod celou kabínou. Napriek tomu, že dominantnou farbou v leteckom priemysle je biela, farebné členenie je na týchto ťahačoch pohybujúcich sa v priestoroch letísk realizované rozlične, ale pomerne zaujímavo. Je tak upustené od pôvodnej optickej separácie krytu kolies od zbytku vozidla viditeľnej v katalógoch. To značne zlepšuje celkový výraz vozidla.

2.1.2 TLD TPX 500-S

2.1.2

Firma TLD patrí k ďalším známym a významným firmám na trhu s leteckou manipulačnou technikou, ktorá na svojich vozidlách používa odlišné konštrukčné riešenie a usporiadanie jednotlivých častí. Špecifická je samotná konštrukcia a rozmiestnenie jednotlivých častí: kabína nachádza medzi riadenou nápravou a hnanými kolesami, ktoré sú oddelené od zbytku vozidla na samostatnom kyvnom podvozku. Výhodou tohto riešenia je, že kolíska, mechanizmus slúžiaci na uchytenie lietadla, sa nachádza priamo nad osou hnaných kolies, teda nie je potrebné využívať pohon všetkých 4 kolies. Zároveň je však iba jedna z náprav riadená a negatívne sa tak zvyšuje polomer otáčania. [6]



Obr.2-4 TLD TPX 500-S [8]

Takto výrazne odlišné konštrukčné riešenie sa reflektuje do tvarového riešenia a vytvára určitú dynamiku v celom vzhľade napriek tomu, že zachováva kvádrovú formu krytovania. Model TPX 500 má rozmery 9,3 metra na dĺžku a 4,5 metra na šírku s maximálnou svetlou výškou 2 m. Farebne ťahače firmy TLD takmer výhradne pracujú s bielou farbou. [6]

2.1.3 DOUGLAS TUGMASTER TBL600

2.1.3

Douglas Tugmaster TBL600 je najvýkonnejším z portfólia bezojových ťahačov firmy TUG technologies. Je vybavený agregátom o výkone 562 kW. [10]

Pri pohľade zboku jasne vidíme, že TBL600 sa tak, ako je typické pre nižšie výkonové modely bezojových ťahačov, znižuje smerom ku strane s kolískou. Kabína je vybavená sedačkou otočnou o 180 stupňov, tak ako je pomerne bežné, avšak celá kabína je na tele ťahača ukotvená fixne. Nie je preto možné nijakým spôsobom výhľad zlepšiť. Kabína samotná má pomerne hranaté tvarovanie a pokus o dynamizáciu bol prostredníctvom skosenia bočných okien, ktoré však na seba, pomerne nelogicky, nenadväzujú.

Vizuálne zaujímavo pôsobí optické a farebné oddelenie krytovania ventilačných otvorov, ktoré hlavne v oblasti obklopujúcej samotný dieselový agregát umocňuje optickú dynamiku vozidla. Na druhej strane však toto rozdielne krytovanie v iných oblastiach pôsobí chaoticky a nesúrodo.



Obr.2-5 Douglas Tugmaster TBL600 [9]

2.1.4 KALMAR TBL 800 HYBRID

Pomerne malý švédsky výrobca leteckej techniky sa vo svojej produkcii špecializuje výhradne na letiskové ťahače. Ich tvarovanie je prísne technické a konštrukčné. Ich vzhľad ničím nezaujme a neprekvapí, čím im značne znižuje šancu na výraznejší úspech na trhu.



Obr.2-6 Kalmar TBL 800 [11]

Zaujímavým prvkom taktiež pomerne geometrického krytovania je mierne vystupujúci blatník prednej nápravy. Model TBL800 Hybrid sa však snaží zaujať potenciálnych záujemcov svojim hybridným riešením pohonu. Vizuálne sa však pokúša o reflektovanie tejto ekologicky priateľnejšej možnosti a o odlíšenie od vzhľadu štandardnej verzie s dieselovým motorom pomocou zelenej farebnosti a pridaným vzorom kvetov. Táto farebnosť nám má pravdepodobne evokovať pocit prírody a ekológie, no toto riešenie je pomerne prvoplánové a do prostredia letiska aj absolútne nevhodné.

2.1.5 TAXIBOT

2.1.5

Taxibot je aktuálne najinovatívnejším konceptom v oblasti letiskových ťahačov. Vytvorený bol na základe spolupráce viacerých technologických firiem na čele s Israel Aerospace Industries, TLD, Lufthansa, Siemens a Airbus. Vyrába sa v 2 výkonových variantoch- prvý, určený pre lietadlá typu narrow body a druhý, pre lietadlá typu wide body. Koncept technologicky rozvíja ideu, pri ktorej po vytlačení lietadla z odletovej brány, preberá kontrolu nad vozidlom pilot a presun k štartovacej dráhe je umožnený prostredníctvom samotného ťahača bez potreby pohonu pomocou leteckých motorov. Predné koleso lietadla je uzamknuté v otočnej plošine, prostredníctvom ktorej sa prenáša riadenie do systému ťahača a ten ho následne kopíruje. Ovládanie celkovej rýchlosti je realizované podobne. Taxibot automaticky stále akceleruje, a informácie o brzdení lietadla sú sledované senzormi, ktoré snímajú zmenu tlaku v kolíske. [13][14] Toto riešenie výrazne redukuje ekologický dopad leteckej dopravy na životné prostredie a znižuje celkové ekonomické náklady. Nejedná sa o jedinú ideu ekologickej formy presúvania lietadiel po letiskovej ploche (ďalšie koncepty rozvíjajú integráciu motorov do podvozku lietadla) avšak jedná sa o riešenie v súčasnej dobe legislatívne schválené (pre Taxibot Narrow body a v blízkej budúcnosti aj pre Wide Body model). Pohon tohto ťahača je riešený hybridne a elektrické motory poskytujú výkon 500 kW respektíve 1000 kW pre šesťkolesový variant. [13]



Obr.2-7 Taxibot [12]

Nákupná cena vozidla je v porovnaní s klasickým bezojovým letiskovým ťahačom rovnakej výkonovej kategórie trojnásobná, avšak návratnosť tejto investície je vďaka ušetrenému palivu 2-krát rýchlejšia. [14]

Tvarovo však Taxibot pôsobí klasicky, nezaujímavo a technickú inováciu, ktorú skrýva vôbec nereflektuje.

2.1.6 MOTOTOK SPACER

Firma Mototok je v poli manipulácie s lietadlami malou spoločnosťou, avšak na trhu poskytuje neobvyklý pohľad a špecifické riešenie. Ťahač je schopný samostatne sledovať vopred vyznačenú trasu a hlavným manuálnym spôsobom manipulácie je ovládanie pomocou diaľkového ovládača.

Model Mototok Spacer je schopný manipulovať s lietadlami do hmotnosti 195 ton, čo je vzhľadom na celkový dojem z ťahača pomerne prekvapivé. Pohon je realizovaný pomocou elektromotorov a na uchytenie kolesa sa stále využíva hydraulický systém. Celkový vzhľad je výrazne ovplyvnený vypustením kabíny, čím sa dosiahli minimálne rozmery letiskového ťahača pri zachovanej funkcii. Menšia je však logicky aj maximálna rýchlosť pri pohybe s lietadlami a preto je toto riešenie pomerne vhodné na manipuláciu v hangároch a halách, nie na dlhodobjšie presuny lietadiel. Celkové tvarovanie je jednoduché a jediným výrazným prvkom je veľký rádius na čelnej hrane. [16]



Obr.2-8 Mototok Spacer [15]

2.2 Technická analýza

2.2

Letiskový ťahač je vozidlo určené na manipuláciu s leteckou technikou, konkrétne lietadlami, pri vytlačaní z odletových brán, servisnej údržbe a presunoch do hangárov. Pohybuje sa výhradne v priestoroch letísk a prevádzok spojených s leteckým priemyslom a nemá umožnený prístup na verejné komunikácie určené pre dopravu. Z tohto dôvodu nemusí spĺňať legislatívne obmedzenia spojené s ochranou ostatných účastníkov premávky a podobne. Samozrejme sa však rešpektuje určité obmedzenia a odporúčania, ktoré vznikajú zväčša v závislosti na komunikácii s leteckými výrobcami, letiskami a asociáciami leteckých prepravcov.

Základným rozdelením letiskových ťahačov je delenie na ojové a bezojové ťahače. Ich hlavným rozdielom je spôsob spojenia so samotným lietadlom. Jednotliví výrobcovia taktiež delia svoje ťahače do číselne označených produktových radov, z ktorých je zväčša jasné, o ktorý rozmerový variant sa jedná. Toto číselne rozdelenie je založené na tom, akým výkonom model disponuje. Jednotka výkonu použitá na toto označenie sa však u viacerých výrobcov líši. Navyše modely často ešte obsahujú jednotlivé podkategórie s odlišnými parametrami. Manipulácia s jednotlivými lietadlami sa taktiež mení v závislosti na tom, aká je maximálna hmotnosť lietadla, na akú vzdialenosť a pri akej rýchlosti sú ťahače schopné proces vykonávať. Kompatibilita ťahačov jednotlivých výrobcov s modelmi lietadiel je tak nejednotná a bez bližšieho skúmania nejasná.

2.2.1 Ojové ťahače

2.2.1

Ojové ťahače sú vývojovo staršie, teda vo svojej podstate sa jedná o evolúciu a modifikáciu bežných ťahačov, či traktorov, na túto špecifickú činnosť. Na spojenie s lietadlom používajú ťažnú oj vid' Obr.2-9, ktorá sa upevňuje na predné koleso lietadla. Oje sa pripájajú na oboch stranách pomocou závlačných kolíkov. Lietadlo samotné je teda značne vzdialené od hnaných kolies, preto je celková dynamika manipulácie zložitá a vyžaduje veľkú dávku cviku. Zároveň je aj celkový rádius zatáčania veľký. Ojové ťahače sú vybavené výkonnými agregátmi a ich celková hmotnosť je umelo navýše-



Obr.2-9 Ťažné oje určené pre jednotlivé modely lietadiel [22]

ná, aby bola zvýšená trakcia a kolesami bol prevedený dostatočný výkon na uvedenie lietadla do pohybu.

Výhodou týchto ťahačov je pomerne jednoduchá variabilita vzhľadom na možnosť výmeny oje podľa typu lietadla. Na druhej strane je však oj najrizikovejším prvkom celého procesu. Na zachovanie dobrých vlastností je potrebné ju príkladne skladovať a zároveň kontrolovať. Pri mechanickom porušení oje často totiž dochádza k jej trvalému poškodeniu a ohrozeniu celého procesu. Na druhej strane však v prípade nehody či zlyhania obsluhy dochádza práve k jej poškodeniu, čím sa redukuje rozsah celkových škôd na lietadle či ťahači.

2.2.2 Bezojové ťahače

Bezojové ťahače využívajú na spojenie s lietadlom špeciálny uchopovací mechanizmus vid' Obr.2-10, ktorý predné koleso podvozku obopína, čím zabezpečuje spojenie lietadla s ťahačom. Toto spojenie je síce technicky zložitejšie, avšak znižuje polomer otáčania pri manipulácii ako aj bezpečne spája ťahač s podvozkom lietadla. Toto spojenie je výhodnejšie aj pre obsluhu, ktorá vie lepšie korigovať pohyb lietadla. Bezojové ťahače taktiež využívajú vlastnú váhu lietadla ako prostriedok na zvýšenie trakcie a teda môžu používať menej výkonné agregáty ako ojové ťahače na presun rovnakých lietadiel, čo priamo súvisí aj s ich nižšou energetickou závislosťou. Vyššia technická zložitosť ťahačov má však v porovnaní s ojovými za následok vyššie investičné náklady.].



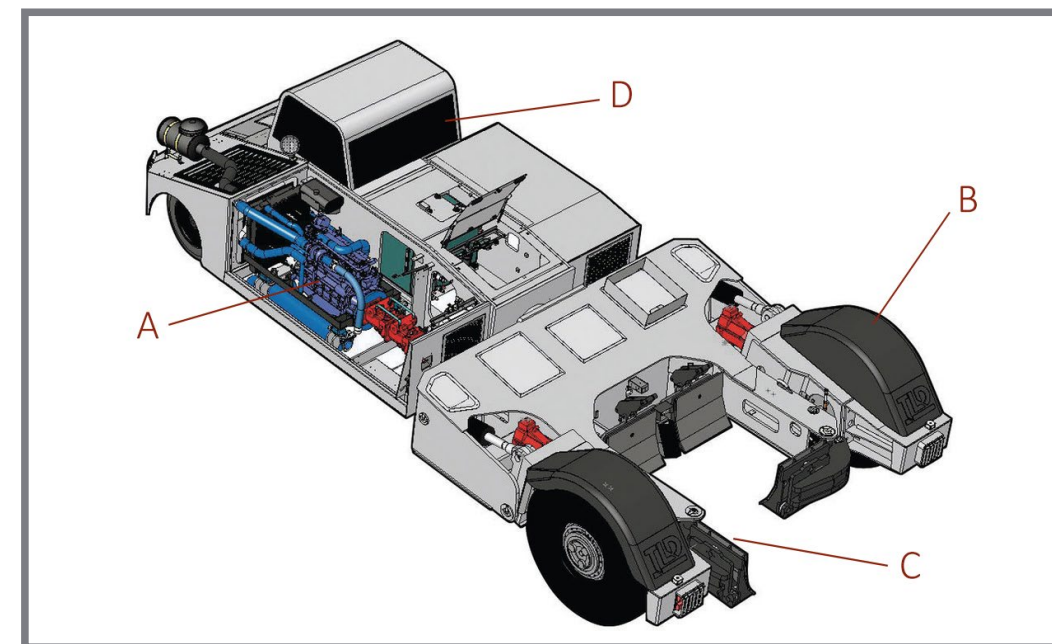
Obr.2-10 Pohľad na nadvihnutý podvozok lietadla [23]

2.2.3 Popis bežného pracovného procesu vytlačania lietadla

Do procesu vytlačania lietadla v reálnej leteckej prevádzke sa zapájajú viaceré elementy. Základnými článkami sú vodič ťahača a pilot lietadla. Do komunikácie je v hrubých medziach zapojená aj riadiaca veža, ktorá riadi harmonogram leteckej prepravy a teda aj vydáva pokyn na samotné započatie vytlačania. Častým a bežným javom je

doplnenie vodiča o ďalšiu pozemnú obsluhu. Tá zabezpečuje vizuálnu kontrolu celého procesu a pripája komunikačný kábel medzi riadením ťahača a pilotom. Počas procesu vytlačania sa pohybuje v otvorenom priestranstve, zväčša v oblasti koncov krídel či chvosta lietadla, a sleduje tak proces v miestach náchylných na prípadné poškodenie. Po spojení kokpitov a ukotvení lietadla, prebieha komunikácia pilot-vodič, pilot odbrzdí lietadlo a vodič môže započat manipuláciu s lietadlom. Vytlačanie pri odletových bránach prebieha po vopred vytýčených dráhach, ktoré sú často aj vizuálne zobrazené (v rôznej miere) na povrchu letiskovej plochy, aby uľahčili jednoduché a správne navigovanie. Pred ukončením pilot znova zabrzdí lietadlo, lietadlo sa odpojí od ťahača a následne sa preruší komunikácia pilot-vodič.

V prípade, že sa jedná o manipuláciu s prázdny lietadlom mimo prevádzky, pilot sa nemusí nachádzať v kokpíte. V niektorých prípadoch sa pri vytlačaní nenachádza ani sprievodná pozemná obsluha. Tá je však potrebná najmä v stiesnených priestorových podmienkach, počas zníženej viditeľnosti a za zhoršených poveternostných podmienok



Obr.2-11 Základné časti bezojového ťahača (A: Pohon, B: Zavesenie kolies, C: Uchopovací mechanizmus, D: Kabína) [24]

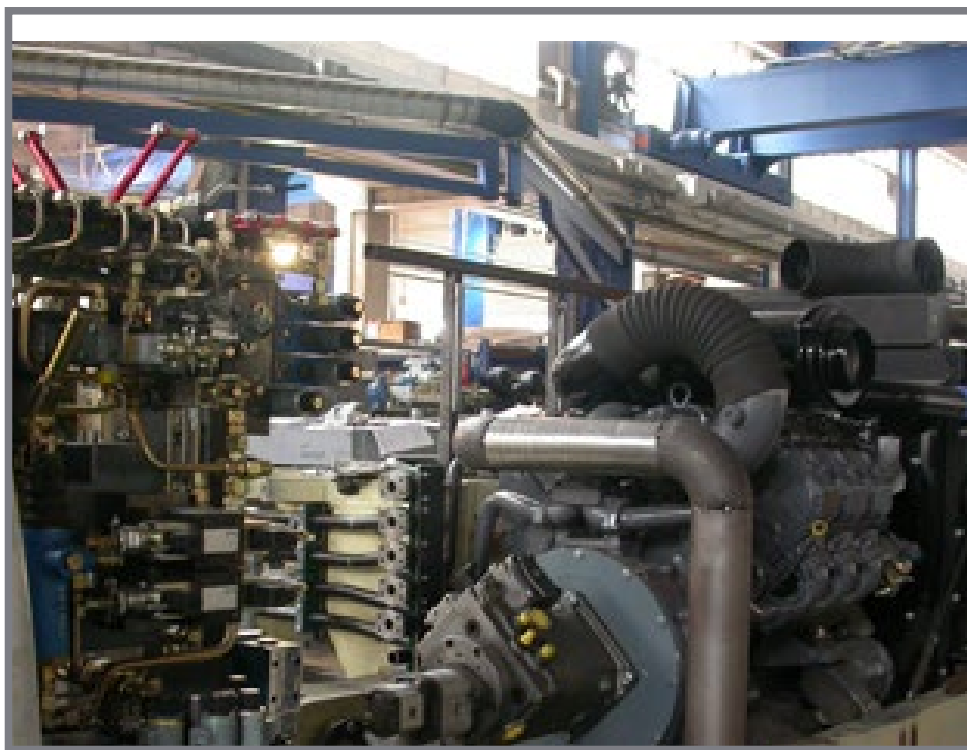
2.2.4 Základné časti bezojového letiskového ťahača

Pohon

Pri 4 kolesových ťahačoch sa vyskytujú 2 základné varianty pohonu a to riešenie 4x4 a 4x2. Pri najvýkonnejších modeloch vybavených šiestimi kolesami je to vždy systém 6x6. Keďže jednou z výhod bezojových ťahačov je využívanie hmotnosti lietadla v prospech vytlačania, pri riešení 4x2 musí byť vždy hnaná náprava čo najbližšie

k bodu spojenia s lietadlom. Toto riešenie je založené na typickom pohone nákladných vozidiel a súčasne je výrobne menej nákladné. Napriek tomu, mimo niektorých modelov od firmy TLD, nie je u vyšších výkonových kategórií využívané. Pohon typu 4x4, v kombinácii s rovnomerným zaťažením kolies, má nesporné výhody v prenose trakcie, špeciálne za zníženej priľnavosti počas nepriaznivých poveternostných podmienok.

Keďže letiskové ťahače sú nútené pracovať s lietadlami, ktoré majú vysokú hmotnosť, kľúčový parameter, na ktoré sú konštruované je vysoký krútiaci moment. Prvým riešením je tak pohon spaľovacím dieselovým motorom. Z dôvodu typického pôdorysu bezojových ťahačov v tvare písmena U však na hnanie nebolo možné použiť štandardné riešenie v podobe náprav. Respektíve toto riešenie bolo možné aplikovať len na výkonovo nižšie ťahače a zriedkavo na hnanie jednej z náprav pri riešení 4x4. Oveľa častejším spôsobom prenosu výkonu na jednotlivé kolesá je využitie hydraulických systémov, teda čerpadiel a hydrostatických motorov. Keďže sú hydraulické systémy potrebné aj pre iné funkčné procesy ťahača ich implementácia bola pomerne jednoduchá.



Obr.2-12 Dieslový motor pripojený na hydraulické čerpadlo [25]

Pri používaní elektrických či hybridných pohonov sa elektromotory nachádzajú v bezprostrednej blízkosti jednotlivých kolies, spaľovací motor sa tak využíva ako generátor na podporu vo vysokých výkonových vrcholoch. Dôležitým funkčným prvkom využívania týchto systémov pohonu je aj rekuperácia. Z dôvodu obrovských hmotností s ktorými sa pracuje sa pri bežnom brzdení stráca obrovské množstvo energie a preto sú tieto systémy vysoko efektívne. [21]

Zavesenie kolies a zatačanie

Dôležitou hodnotou v prípade akýchkoľvek dopravných prostriedkov je polomer zatačania. Čím nižší je tento polomer v prípade letiskových ťahačov, tým predvídateľnejší a prehľadnejší je proces manipulácie s lietadlom. Polomer otáčania navyše ovplyvňuje aj možnosti umiestnenia lietadiel v hangároch a ich efektívne využívanie. Zavesenie kolies a spôsob zatačania sa líši v závislosti na výrobcovi ako aj výkonovej triede. Najjednoduchšie a najlacnejšie riešenie pracuje s jednou riadenou a nehnanou nápravou. Toto riešenie však neposkytuje okrem výšky ceny a technologickej jednoduchosti žiadne benefity prospešné pre proces manipulácie. Ďalším riešením je kyvné hydraulicky riadené zavesenie, ktoré umožňuje natáčať všetky kolesá. Týmto spôsobom sa vie vozidlo priamo pohybovať po diagonálach a je aplikovateľné na riešenia pohonu 4x4 či 6x6. Zavesenie je realizované štandardne z vnútornej strany kolies.

Pomerne netradičné riešenie je spôsob zavesenia kolies zhora, ktorý umožňuje priamy pohyb ťahača ľubovoľným smerom, teda aj do strán tzv. krabím chodom.

Ďalšou možnosťou pri použití elektromotorov je aj vzájomná kombinácia, kedy je jeden pár kolies zavesený zhora, druhý je umiestnený fixne. Avšak pri procese zatačania sa mení smer rotácie elektromotorov umiestnených vo fixnej dvojici kolies, čím sa podporuje a urýchľuje toto zatačanie.



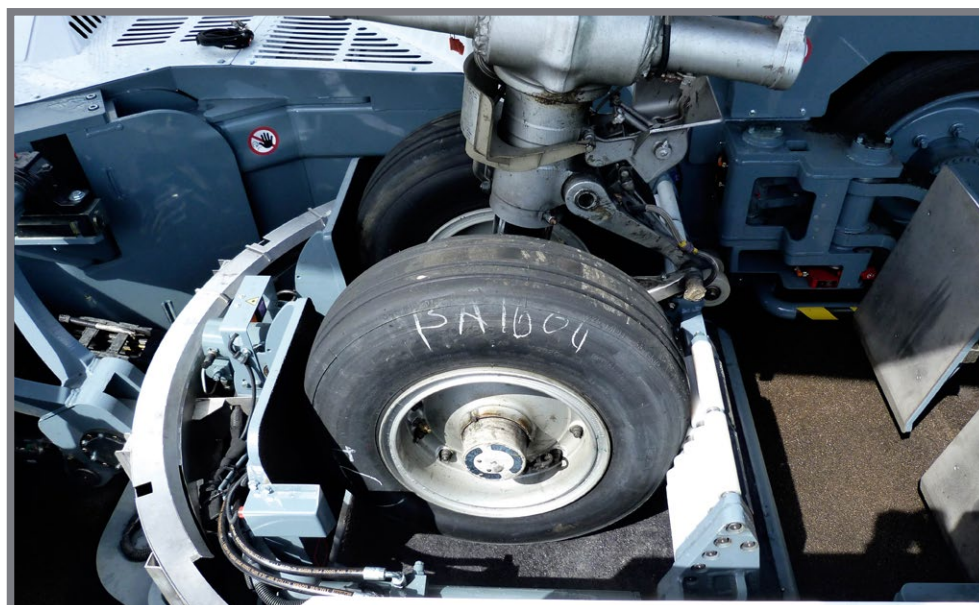
Obr.2-13 Natočenie kolies modelu Goldhofer AST-1 1280 [26]

Kolíška- uchopovací mechanizmus

Uchopovací mechanizmus nazývaný aj kolíška, je mechanizmus, ktorý slúži na prepojenie podvozku lietadla s telom bezojového ťahača a jedná sa o jeho technicky najšpecifickejšiu časť. Tento mechanizmus musí zabezpečovať pevné spojenie, no zároveň chrániť podvozok lietadla pred nežiadúcimi namáhaniami, ktoré by mohli náhle alebo únavovo vytvoriť nezvratné poškodenie. Bežným riešením je možnosť mierneho na-

kláňania čel'ustí mechanizmu, ktoré neovplyvňuje celkovú funkčnosť avšak významne redukuje namáhanie. V základe vieme vyčleniť 2 typy mechanizmov. Prvým typom je mechanizmus, ktorý neoddeľuje podvozok lietadla od povrchu a mechanizmus je tak vo svojej podstate len evolúciou oje. Tento spôsob neposkytuje výhody využitia hmotnosti lietadla na zaťaženie vozidla a vhodné sú tak teda len na malé lietadlá nižších hmotností.

Druhým hlavným typom kolisky je taká, ktorá hydraulicky lietadlo zdvíha, čím sa celá sústava vozidla a lietadla zaťažuje, a rozloženie hmotnosti na jednotlivé hnané kolesá je rovnomernejšie. Zároveň sa týmto spôsobom znižuje opotrebenie prednej nápravy lietadla a odstránením kontaktu podvozku s povrchom aj celková manipulácia.



Obr.2-14 Detail na kolisku ťahača Taxibot umožňujúcu prenos ovládania [27]

Kabína a Ovládanie

Kabína je konštruovaná samostatne, často ako celok vyrábaná externe a montovaná ako jeden kus. Vďaka tomu sa vizuálne odlišuje od zbytku vozidla.

Z pohľadu užívateľského zážitku je však najpodstatnejším prvkom celého ťahača. Vo-dič v nej strávi väčšinu pracovného času, a je vybavená štandardnými vybavením vy-lepšujúcim komfort, ako je vyhrievanie a klimatizácia. Často teda poskytuje útočisko v prípade nepriaznivého počasia aj pre ostatnú obsluhu, či formu transportu pri vzdia-lenejších presunoch. Jedným z najdôležitejších parametrov pre kabínu je celkový vý-hľad na okolie a zároveň na samotný uchopovací mechanizmus. U modelov s vyšším výkonom je kabína umiestnená na zdvihovom mechanizme, čo kladne zlepšuje výhľad dozadu cez krytovanie tela. Kabína je ďalej vybavená telefónnou linkou na spojenie s pilotom a vysielacou určenou na prípadnú komunikáciu s riadiacou vežou. Pomerne ergonomicky nevýhodné je nastupovanie do kabíny, ktorá rozmerovo odpovedá viacerým strojom, avšak z dôvodu umiestnenia kabíny pomerne nízko má obsluha tenden-ciu vstupovať do priestoru kabín napriamo a teda hrozí nebezpečenstvo úrazu hlavy.



Obr.2-15 Pohľad na kabínu Douglas vybavenú otočným riadením [28]

Kvôli pohybu vozidla oboma smermi je dôležitým prvkom sedačka. Takmer na všet-kých modeloch výrobcov je otočná, aby bola schopná prispôbiť sa zmene smeru jazdy. Systém riadenia je zväčša realizovaný pomocou volantu v kombinácii s pedál-mi, keďže je vozidlo odvodené od štandardného ťahača. Jeho správna orientácia je za-bezpečená umiestnením na konzolu spojenú so sedačkou alebo celkovým zdvojením osí riadenia pre každý smer tj. dva volanty a pedále.

Špecifickým riešením je ovládanie ťahačov od firmy Mototok, ktoré je realizované rádiovou pomocou upraveného ovládača. Ovládanie preberá štandardný model dial'-kového ovládania, teda na natáčanie vľavo a vpravo slúži jedna a na udávanie smeru pohybu druhá polohová páčka. Na ostatné procesy slúžia tlačidlá a prepínače na paneli

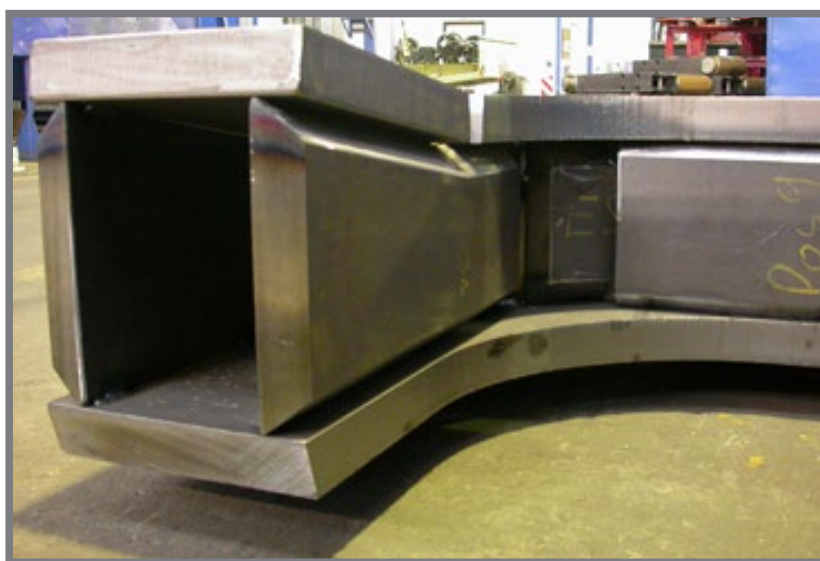


Obr.2-16 Bezdrátový ovládací panel ťahačov od firmy Mototok [31]

v strede. Ovládač je vybavený popruhom, ktorý prenáša hmotnosť ovládača na krk a umožňuje tak pohodlnejšiu manipuláciu.

Karoséria a rám

Nosný rám musí znášať veľké zaťaženie a preto je zváraný z plátov vysoko napäťovej ocele s maximálnou hrúbkou 150mm. Samotný kovový rám modelu Goldhofer AST-1 má tak hmotnosť cca 15 ton. [30]. Častým prvkom samotného rámu sú podpory slúžiace ako základ pre plošinu, ktorá sa nachádza v prednej časti. Táto plošina sa využíva na lepší prístup do kabíny, na prepravu osôb, zlepšuje servisný prístup a slúži aj ako základná stojná plocha pre kabínu, či zdvihový mechanizmus umiestnený pod ňou. Vonkajšia karoséria je výhradne funkčná a slúži na ochranu pred poveternostnými podmienkami. U všetkých výrobcov je totožne vyrábaná z ohýbaného plechu. Ten je pomerne nízkonákladový a zvolený ako jednoduché riešenie pre malosériovú výrobu.



Obr.2-17 Príprava na zváranie rámu vo firme Goldhofer [29]

2.2.5 Trendy a ďalšie smerovanie

V súčasnosti je badať dva hlavné trendy v technologickej oblasti. Prvý je proces automatizácie, ktorý už v tejto oblasti započal implementáciou semiautonómnych systémov u ťahačov pohybujúcich sa v hangároch a parkujúcich lietadlá. Jedná sa o spôsob, pri ktorom ťahač pomocou senzorov sleduje predom vyznačené dráhy a z týchto dráh nevybočuje. Ďalším zástupcom semiautonómity je spomínaný Taxibot, ktorý umožňuje slobodné ovládanie lietadla pilotom z kabíny lietadla. Letiská zároveň poskytujú vhodný priestor na implementáciu, vďaka ich už v súčasnosti veľkej previazanosti s automatickými systémami. Rozšírenie autonómnych riešení, by mohlo prispieť k zlepšeniu algoritmov, využívaných pri riadení letovej prevádzky na letiskách. Ďalším smerovaním je znižovanie ekologických vplyvov a nižšie prevádzkové náklady. Elektromotory sú už dlhodobo využívané ako hlavná forma pohonu u malých

primárne hangárových ťahačov, a s ohľadom na trendy v iných oblastiach je zrejmé, že sa počet elektrických a hybridných vozidiel bude zvyšovať.

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CIEĽ PRÁCE

Z analýz vyplýva, že technologicky vyspelejšia forma ťahania lietadiel je používaná na bezojových letiskových ťahačoch, preto je moja práca zameraná na tento typ. Z historickej analýzy produktov letiskovej techniky vyplýva, že po najväčšom rozmachu v druhej polovici 20. storočia nastáva útlm vo vývoji a inováciách, a na letiskách v hojnóm počte ešte môžeme vidieť techniku zo 70. či 80. rokov 20. storočia. Na súčasnom trhu však aj napriek tomu nájdeme pár exemplárov, ktoré zastupujú a naznačujú nové smerovanie vozidiel v tomto segmente.

Vo väčšej miere sa ani jeden zo súčasných zástupcov trhu a výrobcov letiskových ťahačov nezameriava na oblasť dizajnu, a s ním spojené aspekty navrhovania, ale skôr na maximálnu funkčnosť a spoľahlivé technologické riešenia. Po diskusii s obsluhou letiskového ťahača a analýze nazhromaždených dát o jednotlivých produktoch vyplývajú určité oblasti, v ktorých je priestor na inováciu. Jedna sa primárne o technologické, ergonomické aspekty používania a ekonomické aspekty používania.

Možnosť na technologické a ergonomické vylepšenie sa naskytá pri implementácii nových konceptov prezentovaných v oblastiach priemyselného dizajnu, či vzájomnej kombinácii súčasných riešení v tomto segmente.

V prípade ekonomických a ekologických riešení sa naskytá možnosť využiť iný, ako čisto spaľovací motor na pohon celého vozidla, či implementácia aktuálne skúšaných poloautomatických asistenčných systémov, ktoré redukujú spotrebu fosílnych palív.

V neposlednej rade je cieľom tvarovou kultivácia, ktorá bude reflektovať technickú náročnosť stroja a inovácie. Následný záujem o tieto stroje môže prispieť k zvýšeniu ich predaja.

3.1 Ciele

Primárnym cieľom mojej práce je dizajn bezojového letiskového ťahača s výkonom 600 a viac koní a určeným tak na väčšie dopravné lietadlá, primárne určené pre osobnú prepravu. Návrh bude inovovať celkové vonkajšie tvarovanie ťahača, so zachovaním alebo zlepšením jeho technických funkcií. Zároveň bude toto riešenie rešpektovať a reagovať na smery a tendencie v navrhovaní celkových riešení dopravy.

Ďalšími vedľajšími cieľmi sú návrhy na zlepšenie užívateľského komfortu a ergonomie.

4 VARIANTNÉ ŠTÚDIE DESIGNU

4

Variantné riešenia vznikli rozlične na základe vytvorených myšlienkových máp vnútorného usporiadania blokov a technologického riešenia základných častí.

Základnou ideou variantných riešení bolo vytvoriť 3 hlavné rozdielne cesty, ktoré odlišnými spôsobmi pristupujú k návrhu letiskového ťahača. Jednotlivé varianty pokrývajú spektrum návrhov od evolúčného riešenia súčasnej produkcie ťahačov až ku značne koncepcnej vízii.

4.1 Variant 1

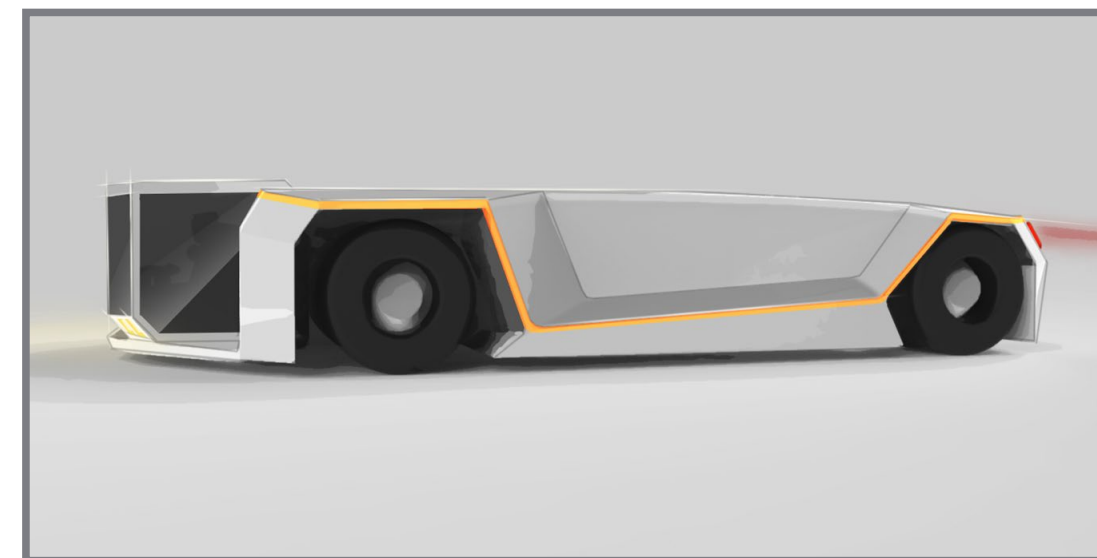
4.1

Prvý variant je v základnom ponímaní založený na súčasnom blokovom tvarovaní letiskových ťahačov. Tvarovo sa teda jedná o najstriedmejšiu úpravu celkového vzhľadu. Variant využíva v súčasnosti najresponzívnejší spôsob formy manipulácie s vozidlom, a teda umožňuje najlepšiu možnú manévrovateľnosť s lietadlom. Každé zo štyroch kolies je zdvojené a centrálné zavesené na nosný rám zhora, čo umožňuje ich natáčanie ľubovoľne o 180 stupňov do všetkých smerov.

Telo ťahača je plne krytované, spolu s kolesami, ktoré sú však práve z dôvodu využívania plného natáčania z boku otvorené.

V bočnom pohľade sa telo ťahača, ako je pre tieto vozidlá príznačné, postupne znižuje dozadu. Toto zníženie však prebieha po miernej klesajúcej krivke, nie lineárne.

Vizuálne najsilnejšie pôsobí prvok centrálného bočného zapustenia, ktorý po vykreslení tvaru U v oboch koncoch opticky mizne a prechádza do hornej časti blatníkov ktoré



Obr.4-1 Variant 1

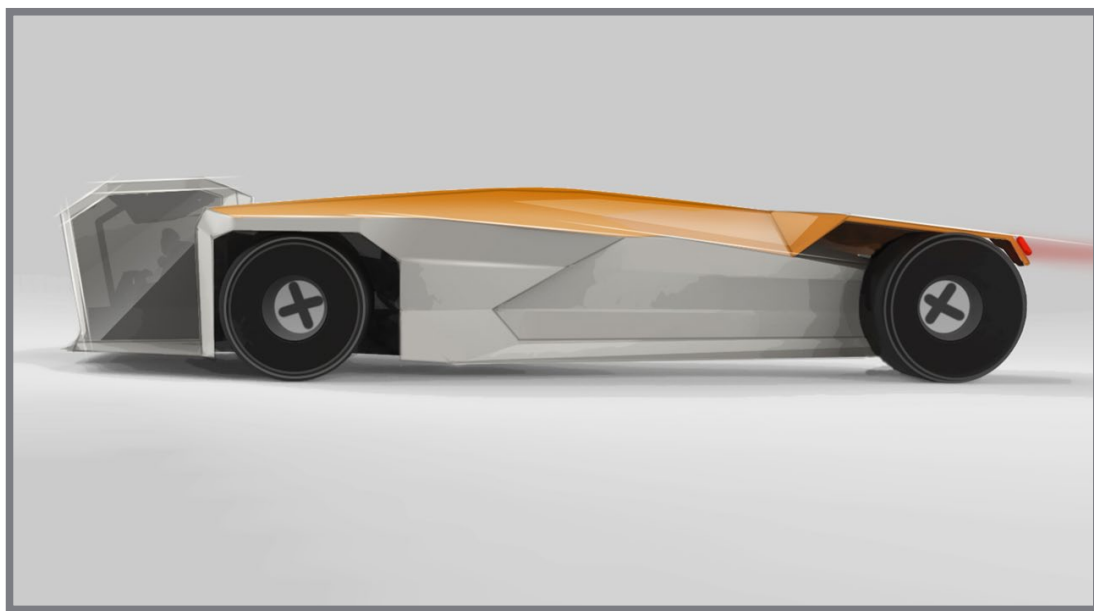
sú priamo naviazané na hornú plochu karosérie. Tento element spolu s hornou krivkou ťahaču udáva miernu dynamiku, bez toho, aby narušoval dojem sily a vysokého výkonu, ktorý by mal ťahač evokovať.

Veľké bočné zapustenie zároveň vytvára v oblasti kolies blatníky, ktoré opticky podporujú ťahač pri pohybe do strán. Ich úplné uzavretie by z rovnakých príčin nebolo vhodné, keďže by karoséria a kolesá opticky nenadväzovali.

Kabína využíva štandardné uloženie v prednej časti vozidla, aby umožňovala čo najlepší výhľad pri jazde dopredu. Ako celok je umiestnená na platforme spojenej z nosným rámom a na zlepšenie výhľadov dozadu je vybavená zdvihovým mechanizmom v spodnej časti. Tvarovanie kabíny je pomerne jednoduché a podkos v prednej časti kabíny je využitý na umiestnenie svetlometov. Tento úkos sa opakuje na zadnú hornú hranu kabíny, v ktorej začína zadné sklo, umožňujúce čiastočný výhľad dozadu aj pri plne zasunutej kabíne.

4.2 Variant 2

Tvarovo sa tento variant výrazne odlišuje od súčasného vzhľadu letiskových ťahačov, avšak snaží sa zachovať základné kognitívne znaky, potrebné pre identifikáciu ťahača ako výkonného vozidla. No v základných technologických riešeniach sa ťahač vôbec nevyvíja zo súčasnej produkcie.



Obr.4-2 Variant 2

Tvarovanie karosérie tela ťahača je vizuálne rozdelené na dve hlavné zóny. Horná časť je tvarovaná krivkami. V kontraste s bežnou siluetou ťahačov tu v bočnom pohľade krivka mierne stúpa, kým nezačne postupne klesať. Toto dynamickejšie tvarovanie bolo inšpirované siluetami zvierat a malo by vyvolať asociáciu s hrubou silou vznikajúcou vo svaloch pri veľkom zaťažení. V zadnej časti z nej vystupuje blatník ktorý zakrýva zadné kolesá z vrchnej časti. V zadnej časti je tak pneumatika kompletne odhalená, čo vhodne vplýva na odľahčenie profilu.

Spodná časť je vertikálne členená ohybmi, ktoré sú lineárne a mali by pôsobiť v kontraste s vrchnou polovicou. Tieto linky sa zároveň zbiehajú do priestoru ukot-

venia zadného kolesa. Pri tomto koncepte sú zadné kolesá ukotvené z vnútornej strany a ich natočenie je iba čiastočné a predné kolesá sú zavesené zhora a otočné o 180 stupňov. Výrazným prvkom je odsadenie na ventiláciu, ktoré smeruje šikmo od ukončenia predného blatníka a v spodnej časti sa vracia späť. Tým spodnú časť spevňuje a zároveň umocňuje základné smery jazdy vozidla.

Predná časť karosérie je už pomerne strohá a jednoduchá na čo nadväzuje lineárne delená kabína s masívnym čelným a zadným sklom a výrazným obvodovým rámom.

4.3 Variant 3

4.3

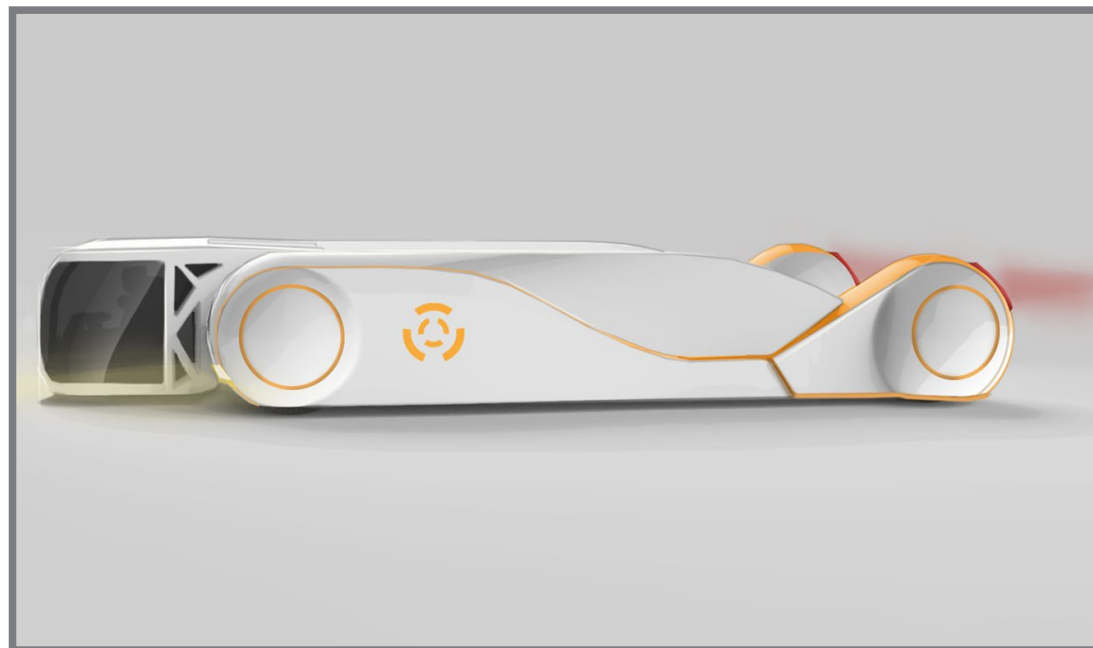
Posledný variant je technologicky, a teda aj vizuálne, najextrémnejšie a najodvážnejšie riešenie. Z dôvodu výhodného pohybu všetkými smermi, ktorý je v súčasnosti vytvorený rôznymi technologickými riešeniami, sa návrh opiera o koncept Goodyear Eagle-360. Koncept Eagle-360 predstavuje nový typ pneumatiky v podobe gule primárne určenej pre autonómne vozidlá. Na vozidle je umiestnená v magnetických ložiskách pomocou ktorých je výkon prenášaný na vozovku. Profil pneumatiky svojím natočením poskytuje rozdielne jazdné vlastnosti, ktoré je možné počas plnej prevádzky alternovať. [31]



Obr.4-3 Goodyear 360 EAGLE koncept [34]

Hlavná karoséria tela teda prirodzene vychádza z guľových plôch, ktoré tvoria funkčné krytovanie pneumatík. Pneumatiky sú takmer neviditeľné a ich kontaktná plocha iba mierne vystupuje zospodu hlavného tela. Celkové tvarovanie je pomerne oblé a vytvorené viacerými plynulými krivkami. V bočnom pohľade 2 hlavné krivky klesajú a v prípade bočnej línie vytvárajú tvar krytu zadných kolies. Výrazným prvkom sú aj mierne kruhové zapustenia v guľových častiach krytu, ktoré vizuálne naznačujú funkciu týchto oblastí a ich pravý význam.

Kabína sa opäť nachádza v prednej časti vozidla a je pri tejto variante kotvená zhora na dvoch výkyvných ramenách, ktoré slúžia aj na zdvih celej kabíny a zlepšenie výhľadu dozadu. Tvarovo je kabína vpredu v hornej aj dolnej časti mierne zaoblená, aby korešpondovala s celkovým výrazom vozidla.



Obr.4-4 Variant 3

5 TVAROVÉ RIEŠENIE

5

Za základ pre vytvorenie finálneho návrhu bol zvolený koncept číslo 3. Kľúčovým a zároveň zachovaným prvkom boli koncepčné sférické pneumatiky, z ktorých tvaroslovie opäť vychádza avšak nezväzuje sa ňou. Z tretieho variantu zostal zachovaný ako hlavný výrazný prvok prechod bočnej línie do oddeleného zadného krytu. Celkové oblé tvarovanie nebolo žiadúce z dôvodu nedostatočnej optickej pevnosti či kontrastu. Ako nevyhovujúce a nelogické sa javilo aj ukotviť kabínu na pohyblivé ramená zhora. Zmenou tak prešli takmer všetky časti ťahača a finálne riešenie sa preto len čiastočne ponáša na tretí variant. Ako ďalšia inšpirácia slúžil čiastočne aj variant 2, z ktorého finálne riešenie preberá najmä tvarovú dynamiku bočnej siluety.

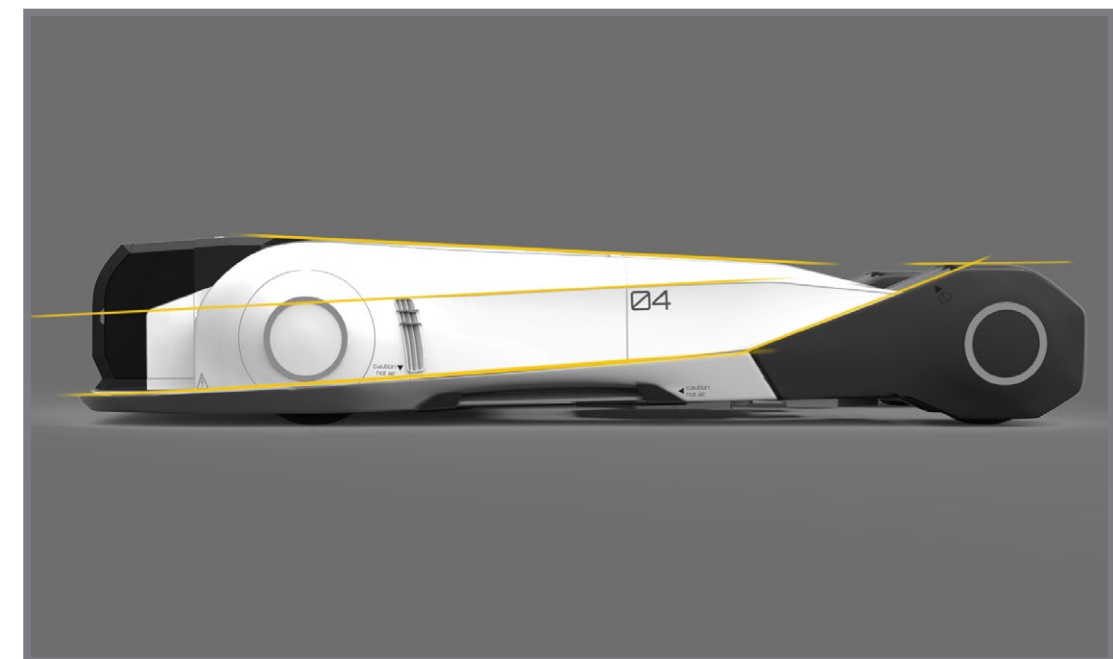
5.1 Proporcie

5.1

Výrazným prvkom letiskových ťahačov je ich relatívne nízka svetlá výška v porovnaní s ostatnými dvoma dimenziami. Táto jednorozmerová redukcia tak vytvára základný dojem vozidla s veľkou stabilitou a výkonom. Návrh zachováva z bočného pohľadu klesajúci tvar typický pre všetky bezojové letiskové ťahače. Hmotnosť je však opticky sústredená najviac v oblasti prednej dvojice sférických pneumatík.

Kabína sa nachádza v prednej časti a len mierne vystupuje z tela ťahača. Celková silueta je tak uhladenejšia. Horná krivka je však vizuálne výrazná natoľko, aby vytvárala dostatočné odlíšenie od ostatných modelov na trhu.

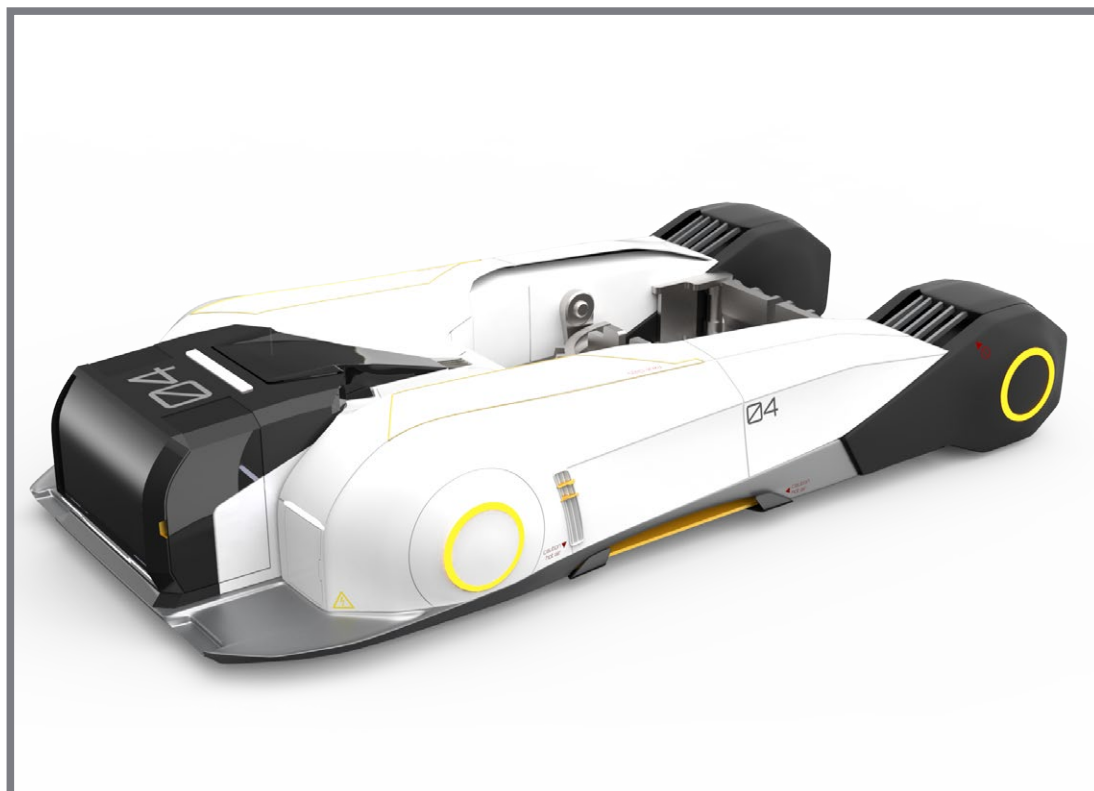
V zadnej časti došlo k oddeleniu krytov, čo vytvorilo priestor pre narušenie blokového tvaru existujúcich ťahačov a zároveň odľahčilo celkový tvar o opticky ťažkú hmotu.



Obr.5-1 Základné línie pri pohľade z boku

5.2 Kompozícia

Celá hmota ťahača je rozložená v priestoroch, ktoré nebránia jednoduchému spojeniu podvozku lietadla a mechanizmu. Nachádza sa tak v bočniciach medzi pneumatikami a v prednej stredovej časti. Pri pohľade z boku bola hmota zámerne opticky posunutá vyššie, aby narušila neobvykle nízku svetlú výšku vozidla a zároveň posilnila dojem silného vozidla. Kvôli rozsiahlemu krytovaniu pneumatík a teda ich vizuálnej absencii sa o ich náhradu v týchto oblastiach starajú kruhové elementy.

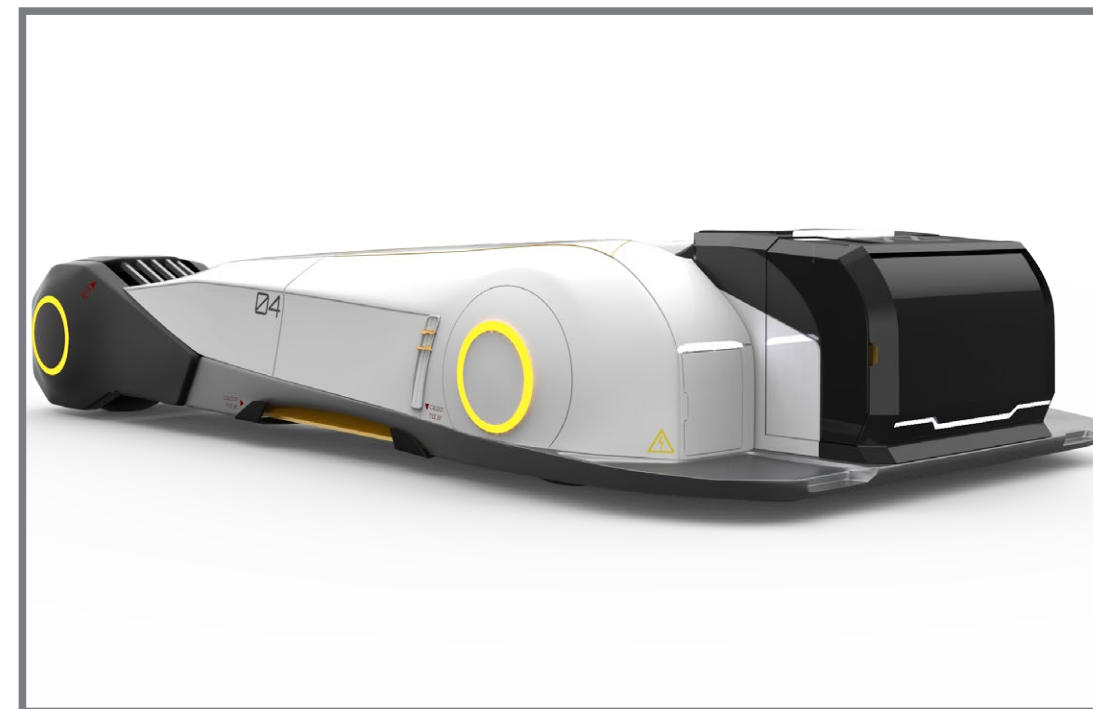


Obr.5-2 Tvarové riešenie, trojštvrťinový pohľad z nadhľadu

Ťahač môžeme kompozične rozdeliť do 4 výrazných a opticky oddelených celkov, ktoré do seba konštrukčne zapadajú. Hlavnými celkami je kapotáž a spodná časť krytovania, ktorá plynule prechádza do prednej podstavy. Hmotovo výrazný prvok predstavuje kabína rešpektujúca okolité hmotové usporiadanie a zároveň funkčnými kolmicami upokojujúca celkovú kompozíciu. Prepojenie kabíny a tela ťahača je riešené prvkom predĺženého zadného skla. V prednej časti stredu hlavného krytu vykrojenie opticky kopíruje kabínu a v zadnej zalomením tvaru lepšie nadväzuje na technickú časť návrhu- uchopovací mechanizmus. V zadnej časti je ťahač zakončený dvojicou oddelených krytov zadných pneumatík. Tieto kryty vstupujú do hlavnej hmoty ťahača. Pri pohľade zhora môžeme vidieť, že je ťahač ako celok vizuálne symetrický s najväčšou šírkou práve v oblasti jednotlivých pneumatík. Z dôvodu estetického ako aj funkčne-technologického kryty v tejto oblasti reflektujú sférický tvar a tvarovo vystupujú. Určitý viditeľný kontrast je však možné badať medzi prednou a zadnou časťou, ktorá je viac lomená a obrysovo lineárne členená.

5.3 Hlavné krytovanie tela

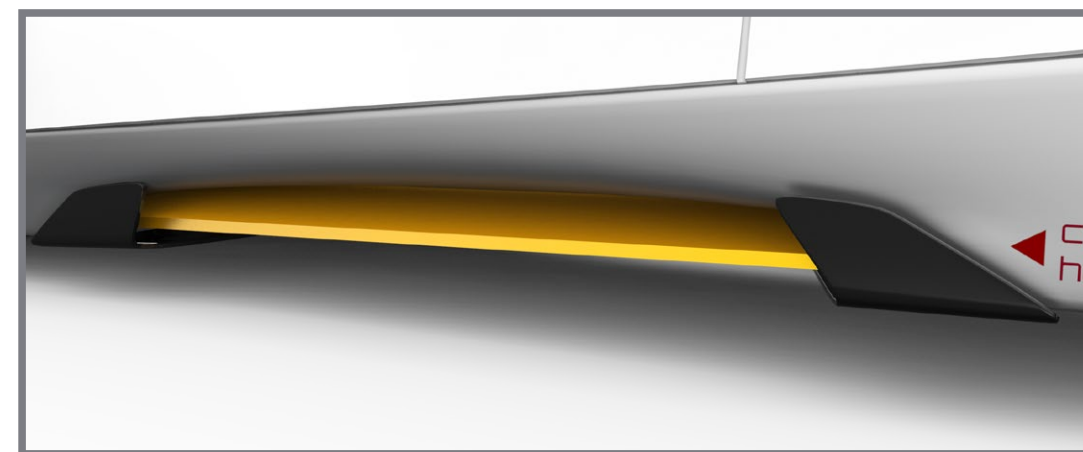
5.3



Obr.5-3 Predná časť ťahača

Hlavný kryt tela pozostáva z dvoch častí. Spodná časť je jednoduchšia. Je pre ňu výrazne charakteristická klesajúca horná hrana. Jej lineárne členenie podporuje smerovosť ťahača a klesá ku kabíne ako ku smeru hlavného pohybu. Táto časť je prepojená s prednou plošinou, plošina na ňu nadväzuje a vystupuje z nej. V spodnej stredovej časti sa nachádza štrbina na ochladzovanie priestoru motorov a batérii a odvod prípadných spalín. Je rozdelená pozdĺžnou priečkou a zvonku krytovaná jednočlenným krytom. Umiestnenie otvoru do spodnej časti taktiež pomáha optickému odlahčeniu ťahača a zároveň plní určitú funkciu.

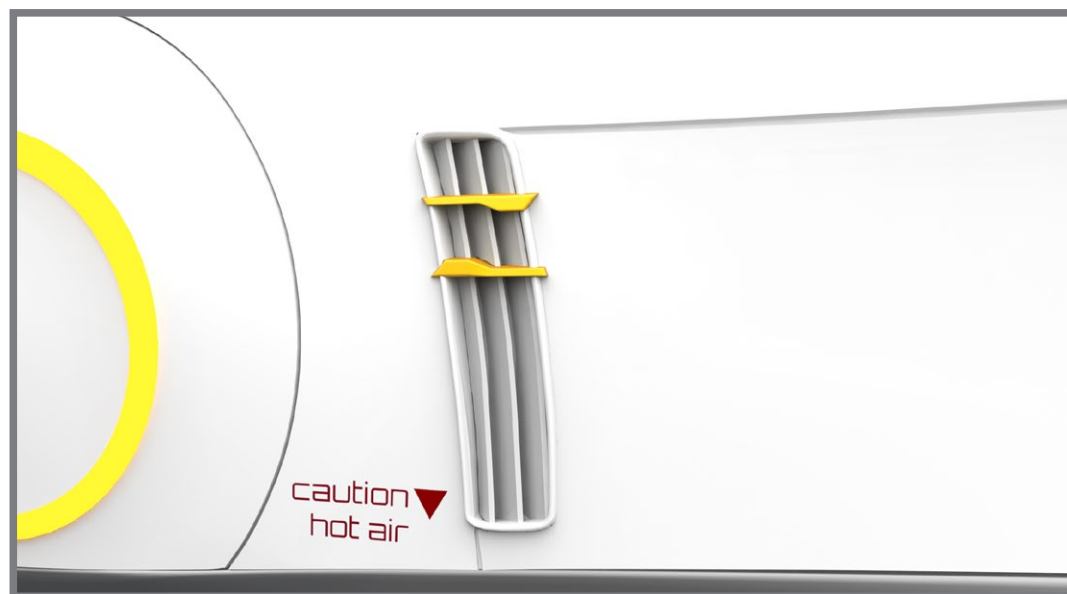
Vrchný kryt v oblasti pneumatík vychádza z ich sférického tvaru avšak tento tvar postupne ustupuje rovinnejším a len mierne zaobleným plochám. Zaoblenie je tak najviac



Obr.5-4 Spodný výdych vzduchu

viditeľné pri pohľade spredu. Toto formovanie nepôsobí mätko a zároveň vizuálne korešponduje s oblými a aerodynamickými tvarmi trupov lietadiel, ktoré po pripojení v tejto časti opticky nadväzujú.

Kryt je vystužený bočným vlysom, ktorý prestupuje od výduchu vzduchu až k zadným krytom, v ktorých sa stráca. V tejto oblasti sa stretá s hornou krivkou tvoriacou siluetu ťahača. Obidve línie sa v zadnej štvrtine zalamujú smerom dolu. Bočný výdych je rozdelený troma vertikálnymi lamelami pre lepšie usmernenie prestupujúceho vzduchu a spojené sú dvoma horizontálnymi spojnicami. Okraj otvoru je ukrytý prostredníctvom obvodového krytu. Uniformita celého krytovania je tiež narušená početnými prevažne technickými spárkami, ktoré sú priaznivé z funkčného ako aj výrobného hľadiska.



Obr.5-5 Bočný výdych vzduchu

Pri pohľade zhora môžeme vidieť rozsiahle otvory nasávania, ktoré sa pozdĺžne tiahnu z vnútornej strany bočných krytov. Pomerne plošne blokovo tvarovaná centrálna časť vizuálne nadväzuje na prepojenie s kabínou. Hlavným prvkom je tak stredový otvor tvaru V, na ktorý nadväzujú dva samostatne oddeliteľné kryty. Tieto prvky plnia funkciu prepojenia kabíny a technickej časti vozidla a pri pohľade zhora vytvárajú vizuálnu tvarovú dynamiku, ktorá bola žiadúca z dôvodu značnej linearity členenia hlavných objemov.

5.4 Zadné kryty kolies

Zadné kryty kolies musia pri pohľade z boku korešpondovať s tvarovaním ťahača a zároveň pri pohľade zozadu s technickým tvarovaním uchopovacieho mechanizmu. Kryty sú tak rovinné lomené v zadnej, spodnej a vrchnej časti. Zároveň posunutím spodnej línie v prednej časti krytov dochádza k vizuálnemu naznačeniu umiestnenia kolies v zadnej časti. Vo vrchnej prednej časti priamo dosadajú na hlavné telo. Kryty sa skladajú sa z dvoch bočníc a centrálneho dielu. Bočnice v priestore pneumatík sféricky vystupujú, čím nadväzujú na tvar pneumatík. Samotné pneumatiky obopínajú z dvoch

tretín, čím sú schopné ukryť hlavný nosný rám zabezpečujú dostatočnú funkčnosť. Z vrchnej strany je pneumatika viditeľne odhalená a prekrytá bezpečnostnými výstuhami, ktoré zároveň opticky vystužujú prepojenie tela a zadných krytov. Zo zadného pohľadu kryty horizontálne rozdeľujú zadné svetlá a vo vrchnej časti vystupujú priezory na kamerový systém.



Obr.5-6 Kryty zadných pneumatík

5.5 Plošina

Plošina tvarovo vystupuje zo spodnej strany dolného krytu tela ťahača, jej horná hrana preto nadväzuje a preberá hornú líniu. Toto tvarové riešenie tak po obvodu plošiny vytvára mierne klesajúci okraj, ktorý vystužuje celkovú plošinu. Plošina sa v oblasti kabíny mierne zvyšuje aby tvarovo nadviazala na tvar kabíny. Po obvodu má plošina pomerne výrazné podkosenie, ktoré vychádza z klesajúceho tvaru bočníc tela ťahača.

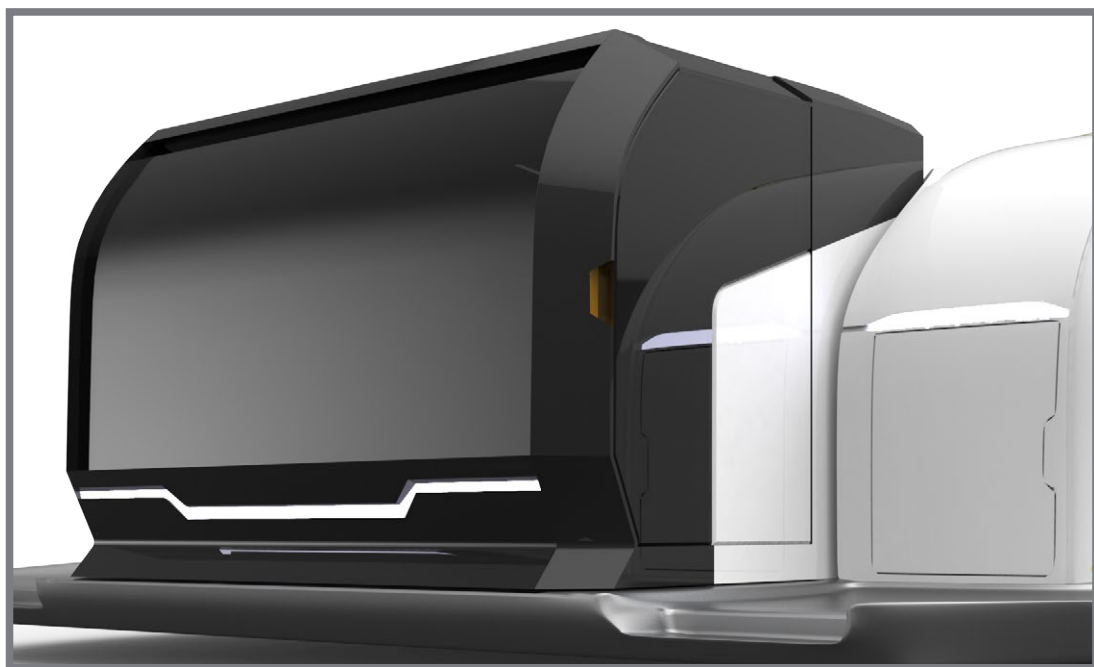


Obr.5-7 Predná časť ťahača s plošinou

Pri pohľade zhora sa plošina v prednej časti zužuje a obvodovo kopíruje krivky a siluetu v prednej časti krytu. V prednej časti sa po oboch stranách nachádza nástupný schod, ktorý uľahčuje nástup a výstup na plošinu.

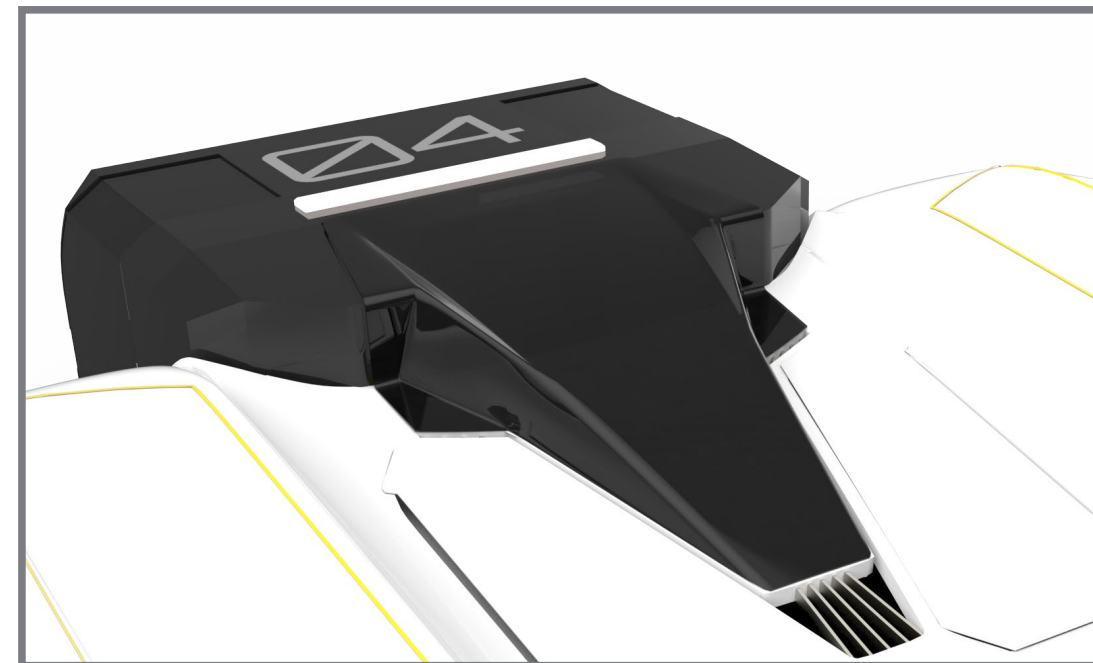
5.6 Kabína

Kabína ako celok je tvarovaná pomerne jednoducho a je umiestnená v strede vozidla, čím nenaruša symetriu vozidla. Spoločným znakom jej tvarovania sú jednoducho lomené línie. Väčšiu výnimku tvorí čelné sklo, ktoré je v spodnej časti kolmé a postupne smerom hore sa zaoblňuje, čím obsluhu umožňuje väčší výhľadový uhol aj smerom dopredu. Sklo je v opačnom smere rovinné podobne ako ostatné časti kabíny. Bočný rám je mierne skosený a toto skosenie obieha kabínu po celom obvode oboch strán. Skosenie vo vrchnej časti preberá aj presklená časť dverí. V prednej časti rámu, ta-



Obr.5-8 Pohľad na kabínu z podhľadu

kzvaných A stĺpkoch, sa nachádza zapustenie slúžiace na otváranie dverí. Tieto zapustenia opticky nadväzujú na stredovú líniu hlavného tela a pomyselne ju premietajú a ukončujú. Nad dverami sa z obidvoch strán nachádzajú strešné okná. Výrazným prvkom pri pohľade z boku je vytvorenie bočníc, ktoré prechádzajú do dverí a vytvárajú ich pevnú časť a bočnica súčasne nadväzuje na hlavné telo ťahača. Predná časť strechy taktiež mierne znižuje, aby kopírovala priebehy kriviek ostatného tvarovania. V prednej spodnej časti sa nachádza podkos, ktorý sa následne vracia opačným smerom a nadväzuje na plošinu. V jeho vrchnej časti sú umiestnené svetlomety. V zadnej strane kabíny je najvýraznejším prvkom element zadného okna, ktoré prechádza od vrchnej časti kabíny cez samotnú centrálnu časť tela ťahača. Tento kryt tak naďalej plní funkciu, avšak zároveň vizuálne prepája elementy tela a kabíny. Tvar krytu je vo vrchnej časti lichobežníkový a jeho boky nadväzujú a kopírujú okolité tvary.

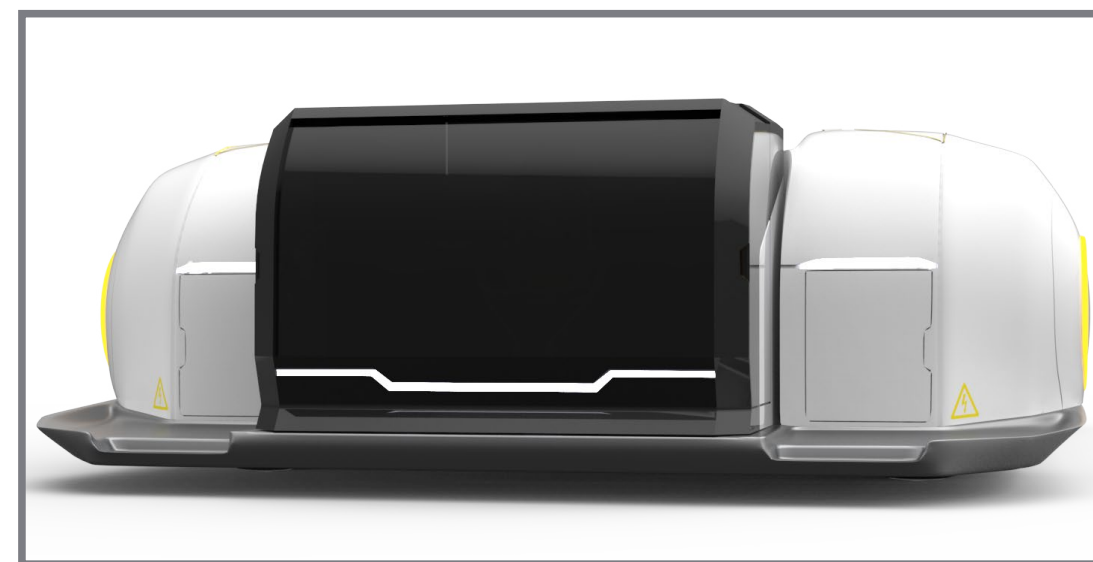


Obr.5-9 Napojenie kabíny na telo ťahača

5.7 Svetlá a výstražné svetlá

5.7

Dôležitým vizuálnym, dizajnským a technickým prvkom je osvetlenie. Kvalitne spracované osvetlenie môže podporiť celkový design, ale ho aj úplne znehodnotiť. Pri letiskovom ťahači sú svetlá nesmierne dôležité. V prednej časti slúžia svetlá podobne ako u iných dopravných prostriedkov na zlepšenie viditeľnosti pri presunoch.. V zadnej a vnútornej časti svetlá osvetľujú mechanizmus a podvozok vozidla, čím zlepšujú schopnosti úspešného spojenia. Zároveň všetky svetlá, spolu s výstražnými svetlami, slúžia ako svetelná signalizácia pre okolitú prevádzku.



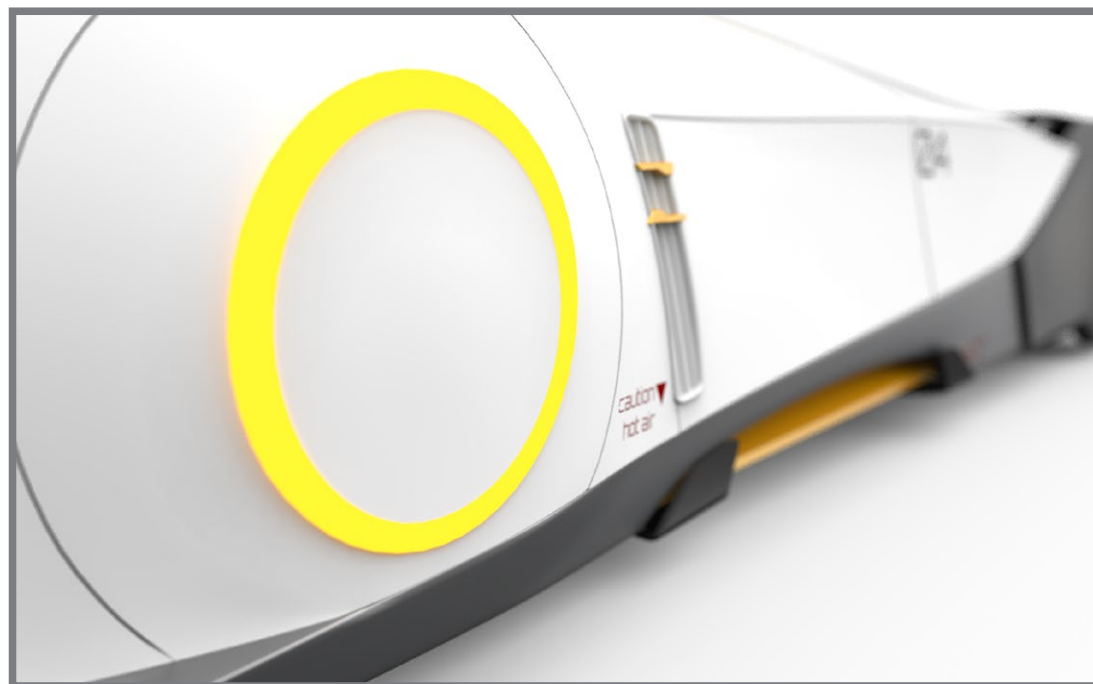
Obr.5-10 Pohľad na čelné osvetlenie

V prednej časti sa hlavný svetlomet nachádza v spodnej časti kabíny. Namiesto štandardného riešenia delených dvoch svetlometov je tvorený svetelnou líniou, z ktorej v bočných častiach vystupujú lomenými líniami vytvorené svetlomety. Ďalšie svetlá sa nachádzajú v bočniciach hlavného krytu tela. Tieto svetlá priamo nadväzujú na spáru a majú jednoduchý lichobežníkový tvar.

V zadných krytoch kolies sú umiestnené pozdĺžne svetlomety. Ich výrazným prvkom je lomená línia zadných obrysových a brzdomých svetiel, ktorá vizuálne reflektuje tvar predných svetlometov.



Obr.5-11 Zadný svetlomet



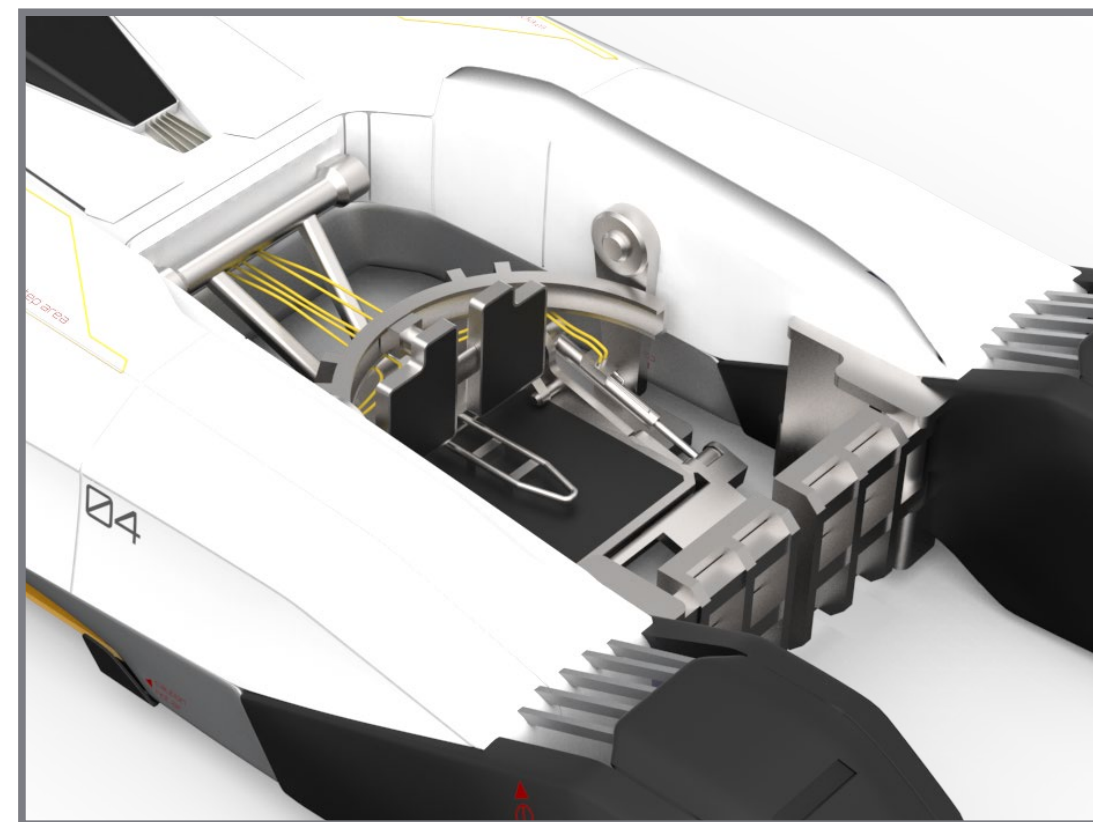
Obr.5-12 Detail na kruhové svetlo

Vnútrotný priestor a mechanizmus osvetľuje jednoduchý obdĺžnikový svetlomet umiestnený pod spodnou hranou stredovej časti vrchného krytu. Výrazným prvkom sú aj 4 kruhové svetlá umiestnené na krytoch kolies, ktoré sú umiestnené tak, aby tvarovo podporili rozloženie pneumatík vozidla a zároveň tvorili zaujímavý funkčný element na celkovom návrhu. V neposlednej rade je na streche kabíny umiestnené výstražné svetlo, takzvaný maják, ktorý má opäť jednoduchý blokový charakter a uzatvára tak skupinu prvkov osvetlenia.

5.8 Mechanizmus

5.8

Mechanizmus je prísne technicky tvarovaný objekt a jeho vzhľad je založený na maximálnej efektívite a funkčnosti. Akýkoľvek estetický či dizajnerský vstup do tejto oblasti by nemal za následok vylepšenie kompozície vozidla, či celkové odstránenie tohto výrazne funkčného prvku. Ostávajúce tvarovanie ho tak musí rešpektovať a v určitej miere naň nadväzovať. Vizuálna reflexia dizajnového poňatia ťahača, sa tak dá v tejto oblasti reflektovať najmä farebným riešením.

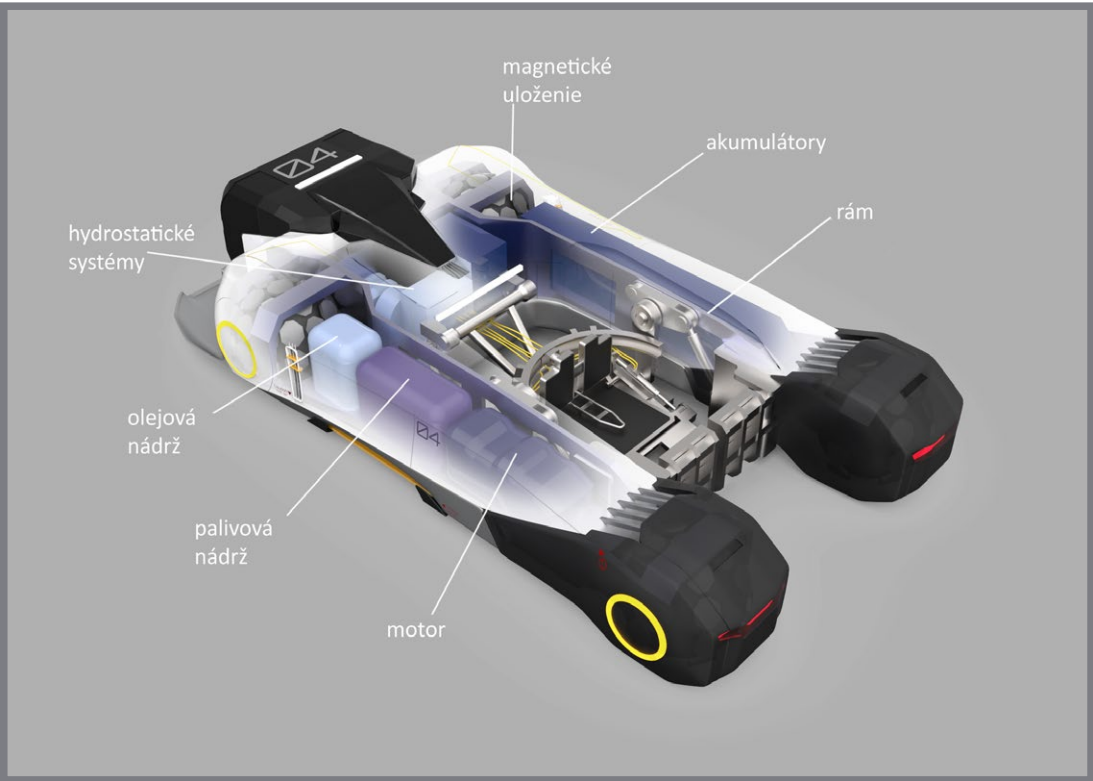


Obr.5-13 Uchopovací mechanizmus

6 KONŠTRUKČNE TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ RIEŠENIE

6.1 Technické riešenie

Návrh dizajnu letiskového ťahača bol z technického hľadiska výrazne ovplyvnený najnovšími technológiami uplatnenými v tomto segmente ako aj najnovšími konceptmi a tendenciami vo svetovom designe strojov a dopravných prostriedkov. Z dôvodu využitia sférických pneumatík a ich systému pohonu, ktoré v tejto špecifickej podobe nemôžeme nájsť funkčné na žiadnom vozidle, celkový návrh sa musí vnímať a chápať ako vízia či koncept. V technickom riešení tak niektoré elementy preberajú koncepčný ráz pri ich riešení. Návrh je však stále primárne postavený na reálnej podobe letiskových ťahačov, ich súčasnom využívaní a tam kde je to možné, sa o ich aktuálne technické riešenia opiera. Súčasne návrh počíta s uplatnením existujúceho systému semiautonomity, pri ktorom pilot preberá v určitej fáze kontrolu nad vozidlom a využíva ťahač na transport od odletovej brány až k štartovacej dráhe. Zároveň dizajn ťahača počíta s aplikáciou asistenčných systémov uľahčujúcich obsluhu prácu. Pri riešení v podobe výrazne koncepčného návrhu sa určite naskytala možnosť vytvoriť plne autonómny ťahač, avšak z dôvodu väčšej bezpečnosti v prípade krízových situácií sa pristúpilo k riešeniu, v ktorom ostáva štandardná kabína na ťahači zachovaná a funkčná.



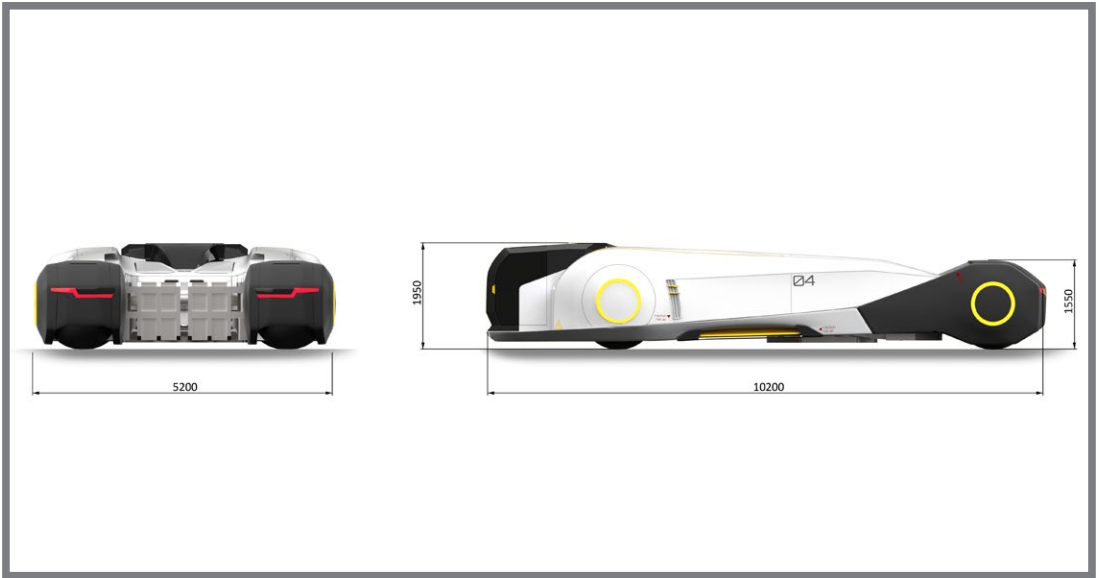
Obr.6-1 Základné vnútorné rozloženie komponentov

6.1.1 Základné rozmery

6.1.1

Návrh letiskového ťahača je koncipovaný ako súčasť najväčšej kategórie ťahačov a preto, logicky, rozmerovo do tejto kategórie zapadá. Mierny nárast rozmerov je prítomný najmä z dôvodu použitia špecifického konceptu pneumatík, ktoré sú priestorovo náročnejšie. Základné rozmery sú tak: dĺžka 10200mm; šírka 5200mm; výška 1950 mm.

V porovnaní s väčšinou výrobcov teda dochádza k nárastu o pol metra respektíve celý jeden meter v dĺžke a šírke. V prípade dĺžky vozidla sa však napriek nárastu nejedná o najdlhší existujúci ťahač. Zároveň tento rozmerový nárast nevplyva negatívne na použitie vozidla a jeho manévrovacie schopnosti sú, napriek tomu, výrazne lepšie.

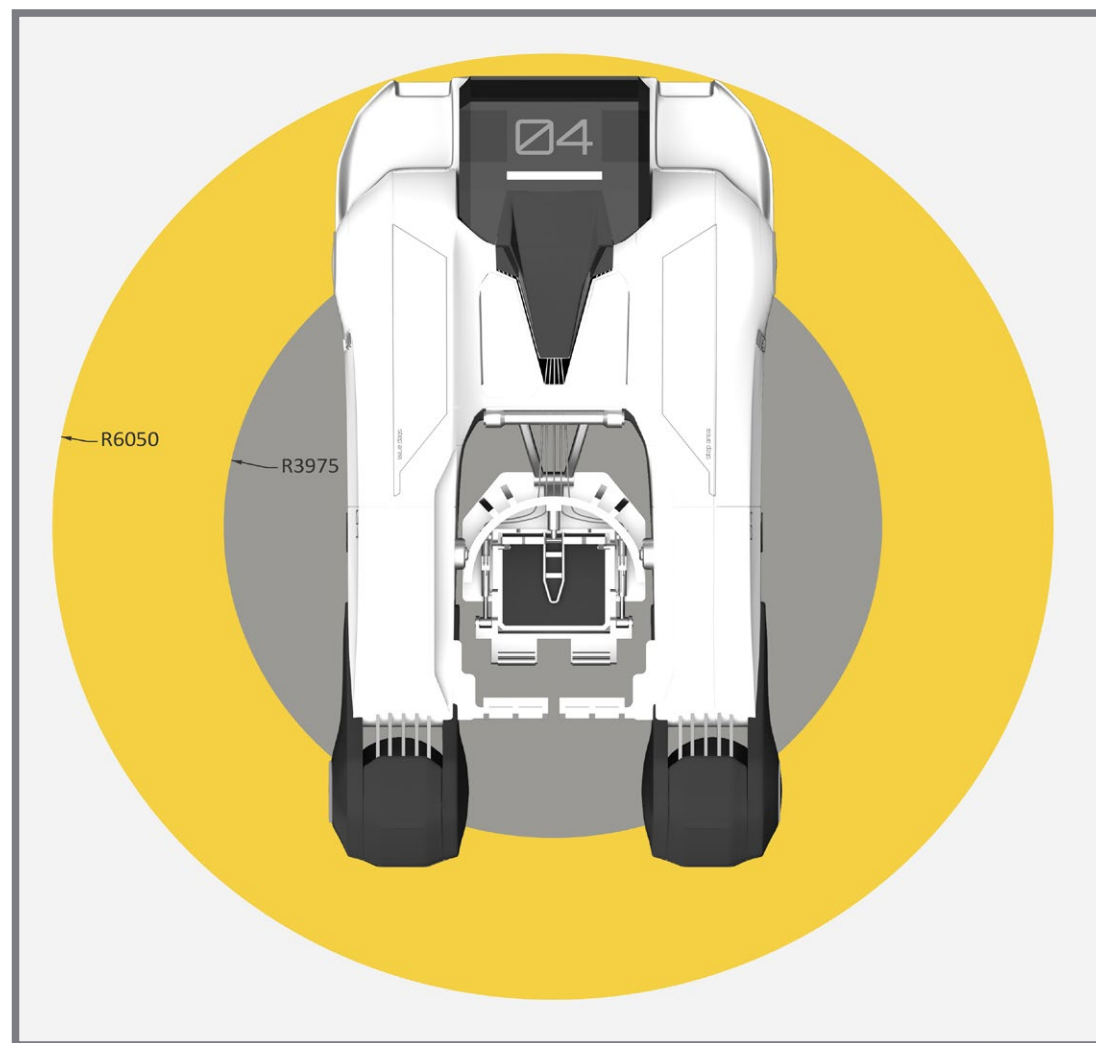


Obr.6-2 Základné rozmery ťahača

6.1.2 Zatačanie a polomer

6.1.2

Významným parametrom pre letiskový ťahač je polomer zatačania. Tento polomer ovplyvňuje to ako pohodlne sa s ťahačom pracuje a ako responzívne sa ťahač správa. Vďaka použitému koncepčnému systému sférických pneumatík osi pneumatík neexistuje respektíve osi sa stretávajú v strede ťahača polomer zatačania znížil na maximum. Jediný limitujúci faktor pre otočenie vozidla sú tak jeho celkové rozmery. Ďalšou funkciou je krabí chod, ktorý umožňuje priamy pohyb do strán. Funkcia krabieho chodu je zväčša výhodná pri pripájaní lietadla a k jeho zarovnaniu k telu ťahača. Súčasne poskytuje maximálnu schopnosť ťahača reagovať na podnety s takmer instantnou odozvou, teda parameter polomeru zatačania samotného ťahača stráca zmysel. Zároveň tento systém nezvyšuje polomer zatačania pri zapojení lietadla a je teda totožný, ako v situácii bez využitia ťahača. Lietadlo získava navyše väčšiu styčnú plochu s povrchom, čo následne zlepšuje stabilitu.

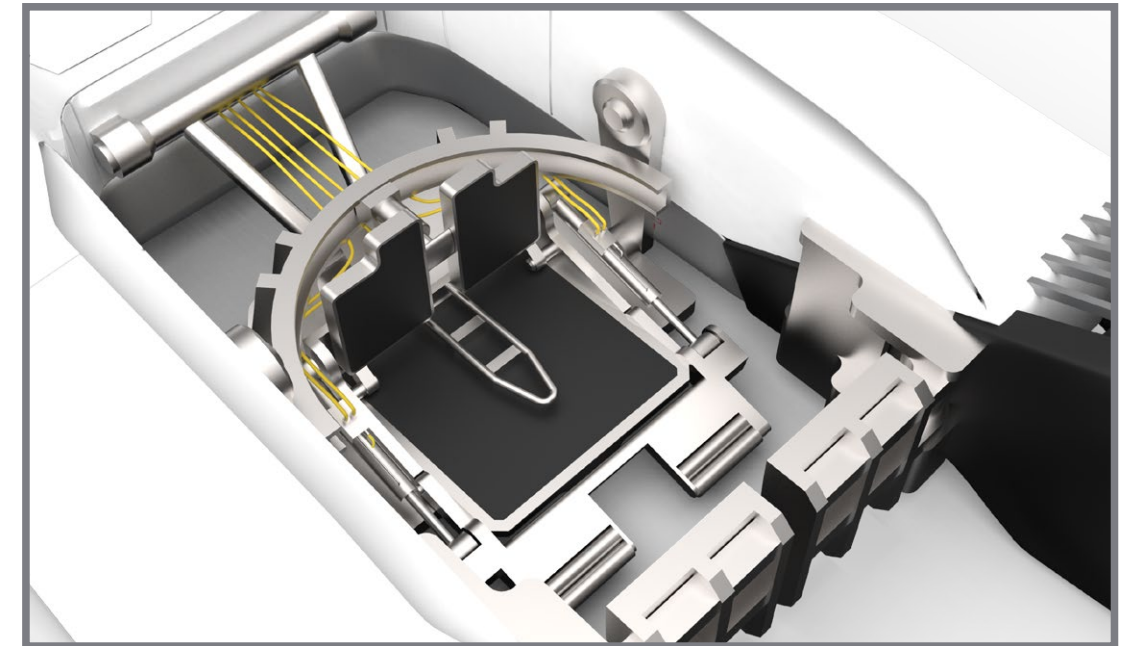


Obr.6-3 Celkové polomery otáčania

6.1.3 Systém mechanizmu a rozmery

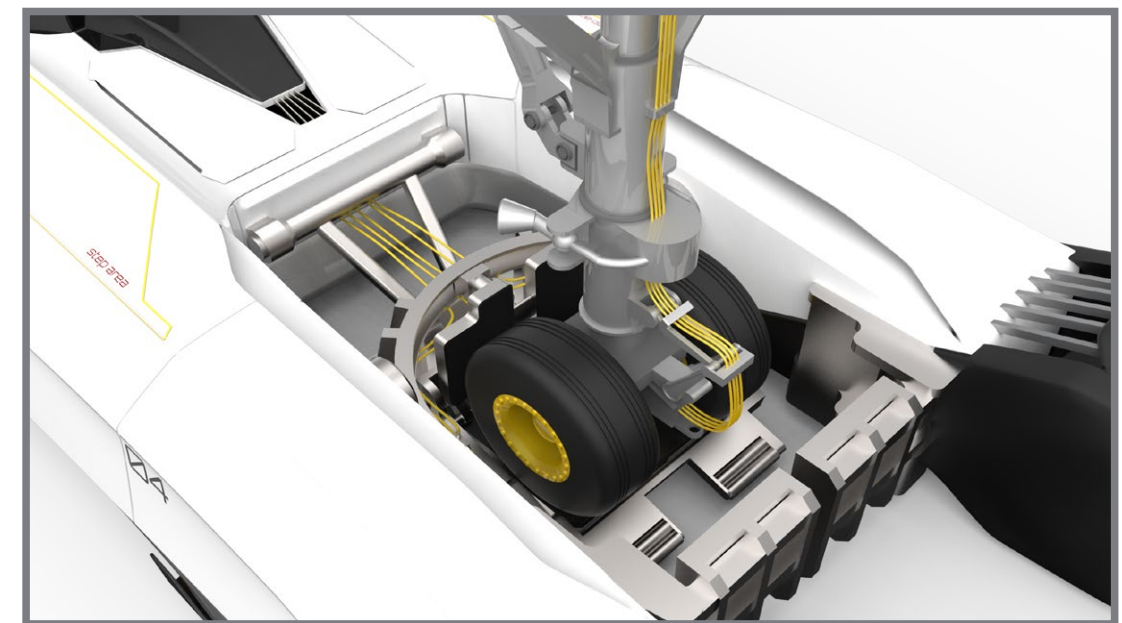
Spôsob uchopovania mechanizmu je priamo inšpirovaný existujúcimi riešeniami na trhu. Hlavným inšpiračným zdrojom z dôvodu zachovania konceptu semiautonomy bol tak mechanizmus ťahača s označením Taxibot. Hlavná plošina nosného rámu je ukotvená na ramenách pripojených k hydraulickému systému a nosnému rámu. Zadné centrálné rameno je pripojené na stredovú časť, a dve postranné ramená sú pripojené zo strán. Na hlavnej nosnej plošine je v ložiskách umiestnený otočný element, na ktorom je umiestnená stojná plocha pre samotnú prednú časť podvozku lietadla. Zároveň je na hlavnej plošine upevnená na štyroch konzolách vymedzovacia obruč, v ktorej sa pohybuje piest predných upínacích čelustí a umožňuje tak, spolu so stojnou plochou, podvozku lietadla voľne rotovať okolo vertikálnej osi, čím sa znižujú negatívne vplyvy na podvozok a zároveň umožňujú mechanický prenos riadenia do systémov ťahača. Zadné upínacie čeluste sú pomocou hydraulických piestov pripojené k vrchnej stojnej plošine a pri úplnom vyklopení do spodnej pozície slúžia ako nástupná rampa pre podvozok lietadla. Na osi stojnej plochy je umiestnený vymedzovací element ktorý zabezpečuje zarovnanie podvozku na plošine. Poslednou časťou mechanizmu sú

svorné čeluste. Ich hlavnou funkciou je zabrániť podvozku lietadla v pohybe smerom dozadu po uvoľnení zadných čelustí pri odpájaní, prípadne pomáhajú dotlačiť koleso na otočnú plošinu.



Obr.6-4 Otvorený mechanizmus

Základné rozmery plošiny mechanizmu ťahača sú 1450x1450mm. Rozmerovo tak ťahač vyhovuje väčšine wide body lietadiel, s primárnou orientáciou na najnovšie modely veľkých výrobcov dopravných lietadiel, ako Boeing 787 Dreamliner a Airbus A350 XWB (Extra wide body).

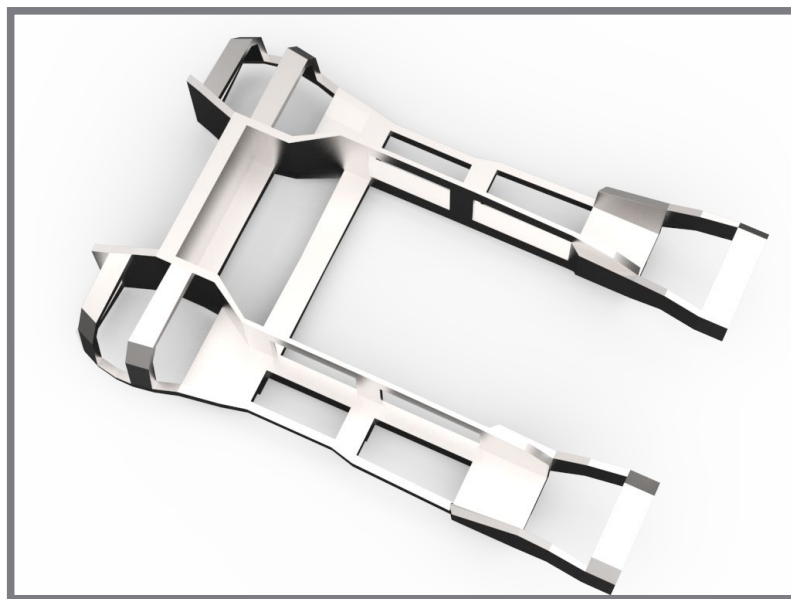


Obr.6-5 Mechanizmus ťahača s predným podvozkom lietadla Airbus a350

Tieto modely sa v súčasnosti javia ako najefektívnejšie s ohľadom na spotrebu paliva, a zároveň sú schopné uletieť pomerne veľké vzdialenosti bez medzipristátia dopĺňania paliva- napríklad zaoceánske lety. Tieto atribúty im dávajú v spoločnosti zameriavajúcej sa na znižovanie prevádzkových nákladov a ekológie prevádzky, predpoklad, že práve pri ďalšom rozvoji leteckej dopravy bude predaj týchto modelov rásť.

6.1.4 Rám

Rám je základným prvkom nesúcim hmotnosť jednotlivých komponentov a zároveň sa stará o sprostredkovanie prenosu hmotnosti vozidla na vozovku. Je zváraný z vysokopevnostnej ocele a je inšpirovaný súčasnými riešeniami na trhu.



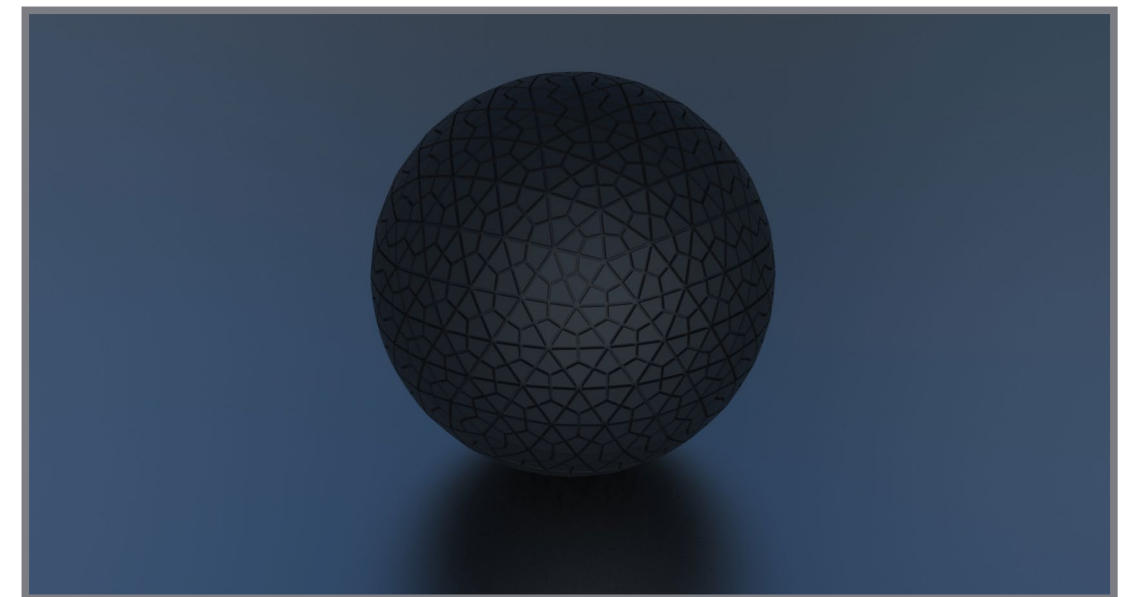
Obr.6-6 Hlavný nosný rám

6.1.5 Pneumatiky

Sférické pneumatiky priamo vychádzajú z konceptu od firmy Goodyear s názvom Eagle 360. Sférická pneumatika po prekonaní technických a výrobných prekážok poskytuje nesporné výhody v porovnaní s klasickou pneumatikou. V prípade pneumatík sa nejedná o dokonalé valce, či v tomto prípade sféry, styčnú plochu s povrchom netvorí len priamka či bod. Pôsobením tlaku na pneumatiku sa pneumatika deformuje a preto sa reálnou styčnou plochou, v prípade štandardnej pneumatiky, stáva obdĺžniková plocha. Čím vyššia je pôsobiaca sila alebo nižší tlak vzduchu, tým väčšia je táto plocha. U dopravných prostriedkov môžeme často tento jav vidieť uplatňovaný cieľným podhust'ovaním pneumatík. V prípade sférickej pneumatiky sa kontaktná plocha plošne rozširuje všetkými smermi, čo vytvára pri zachovanom priemere pneumatiky lepšiu príľnavosť k vozovke a trakciu. Zároveň rotáciou tejto pneumatiky je možné modifikovať smerovanie žliabkov a figúr dezénu, čím sa menia jazdné vlastnosti s reakciou na špecifické poveternostné podmienky.

V prípade týchto koncepčných pneumatík neexistujú žiadne výrobcom vydané dokumenty a preto sa získať nedajú ani ich normalizované rozmery. Priemer pneumatík po-

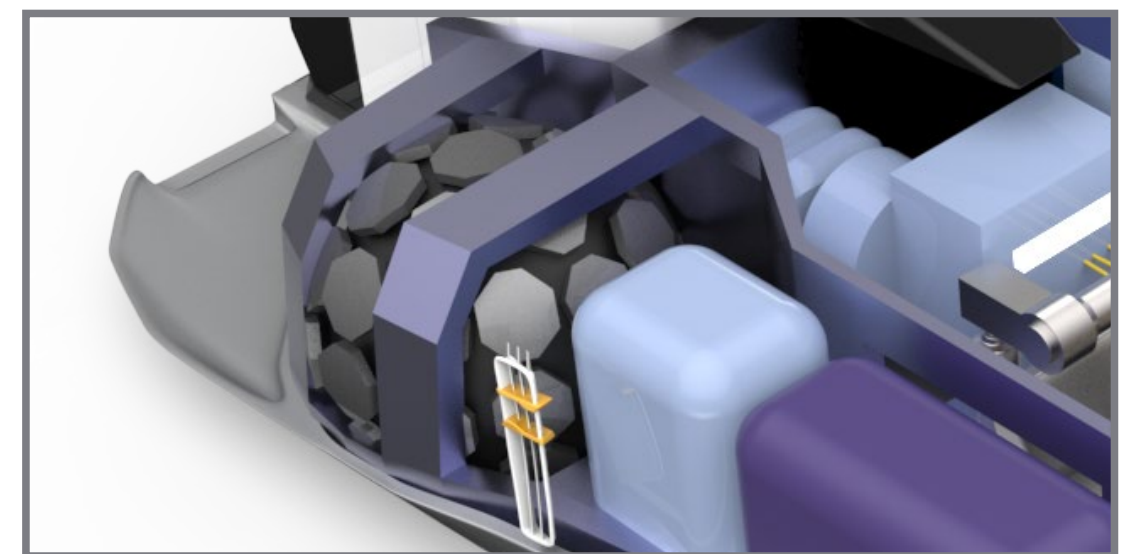
užitých vo vlastnom návrhu je zvolený s ohľadom na ťahačmi používané pneumatiky a má hodnotu 1400 mm.



Obr.6-7 Koncepčný návrh vzorky pneumatiky

6.1.6 Pohonné jednotky a chladenie

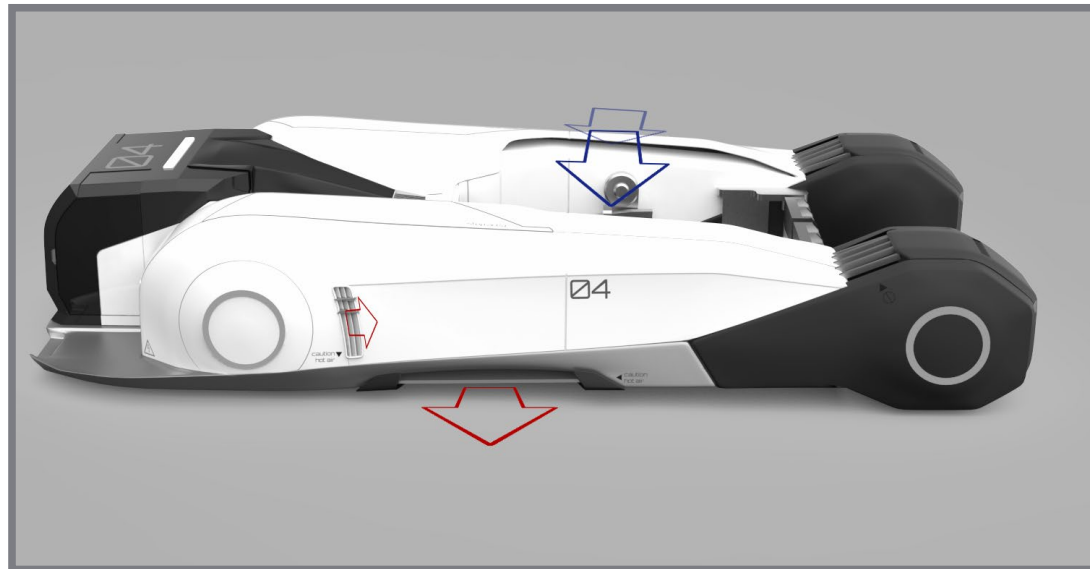
Sférické pneumatiky vyžadujú na prenos výkonu špecifické riešenie. Uloženie pneumatík pomocou elektromagnetického poľa zabezpečuje pneumatikám voľnosť pri rotácii a zároveň poskytujú určitú formu odpruženia. Každé uloženie a pneumatika sa tak stávajú samostatným elektromotorom. Toto riešenie je inšpirované magnetickou levitáciou vlakov, teda ide o principiálne technologicky funkčné riešenie. Najvyššie napätie je potrebné pre iniciáciu celého systému. Na pokrytie tejto výkonovej špičky



Obr.6-8 Blokový návrh uloženia pneumatiky

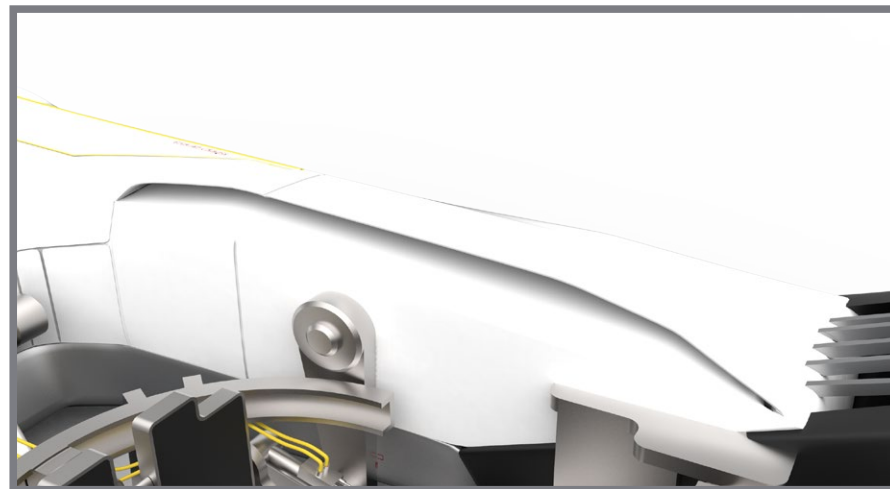
slúži, mimo batérií, spaľovací agregát, funkčný ako generátor elektrickej energie. Sekundárne tento motor slúži na pohon čerpadiel v hydraulickom systéme. Jedná sa tak o hybridné riešenie pohonu.

Ostatná výkonová náročnosť systému počas prevádzky je v základe podobná s bežnými elektromotormi, ale pretože sa jedná o koncepčné a hlbšie neprebádané riešenie, nepoznáme efektivitu tohto systému, straty či rýchlosť opotrebenia.



Obr.6-9 Schéma hlavného chladenia vnútorného priestoru

O chladenie a odvod tepla sa stará aktívne chladenie najmä v oblasti spaľovacieho motora. Odvod tepla je potrebný aj pre ostatné komponenty- elektromagnety, čerpadlá a batérie. Otvory na odvod tepla sa nachádzajú v tesnej blízkosti pneumatík a v spodnej časti pod uložením komponentov. Hlavné nasávanie je umiestnené v bočniciach zhora, a čiastočne v strede tela.



Obr.6-10 Pohľad na hornú štrbinu nasávania

6.1.7 Batérie

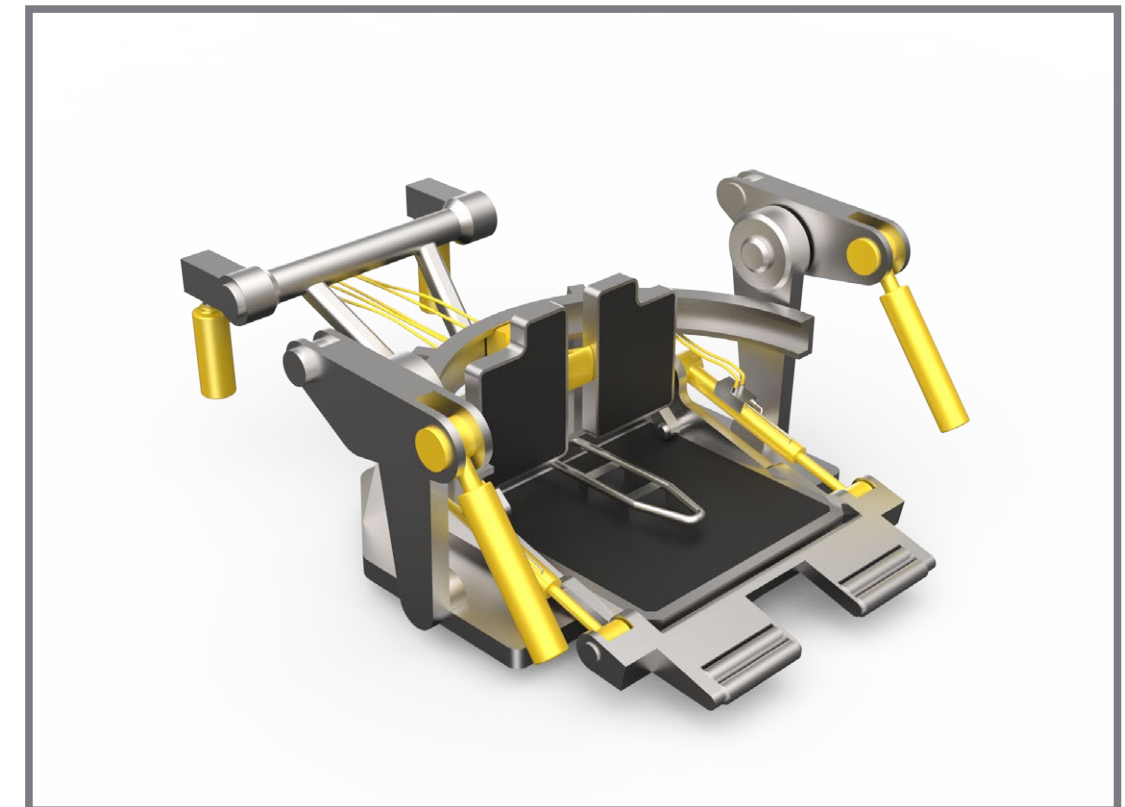
6.1.7

Batérie zaberaajú podstatnú časť vnútorného objemu tela ťahača. Slúžia ako zdroj elektrickej energie potrebnej pre prevádzku ťahača, a zároveň vďaka využitiu elektromagnetických systémov, ktoré sú schopné rekuperovať energiu pri brzdení, uskladňujú energiu späť na opätovné použitie. Rekuperácia vďaka vysokej hmotnosti ťahača po pripojení lietadla je vysoko efektívnym systémom, ktorý je schopný vrátiť takmer tri štvrtiny elektrickej energie. Zvolené sú preto batérie typu LTO (litium titan oxid), ktoré je možné rýchlo vybíjať a nabíjať, fungujú pri nízkych teplotách a zvládajú veľký počet cyklov. Pri značne koncepčnej podobe finálneho dizajnu, s náhľadom do budúcnosti, sa dá brať v úvahu aj vývoj technológií v tejto oblasti a príchod batérií litium-vzduch či hliník-vzduch.

6.1.8 Hydraulické systémy

6.1.8

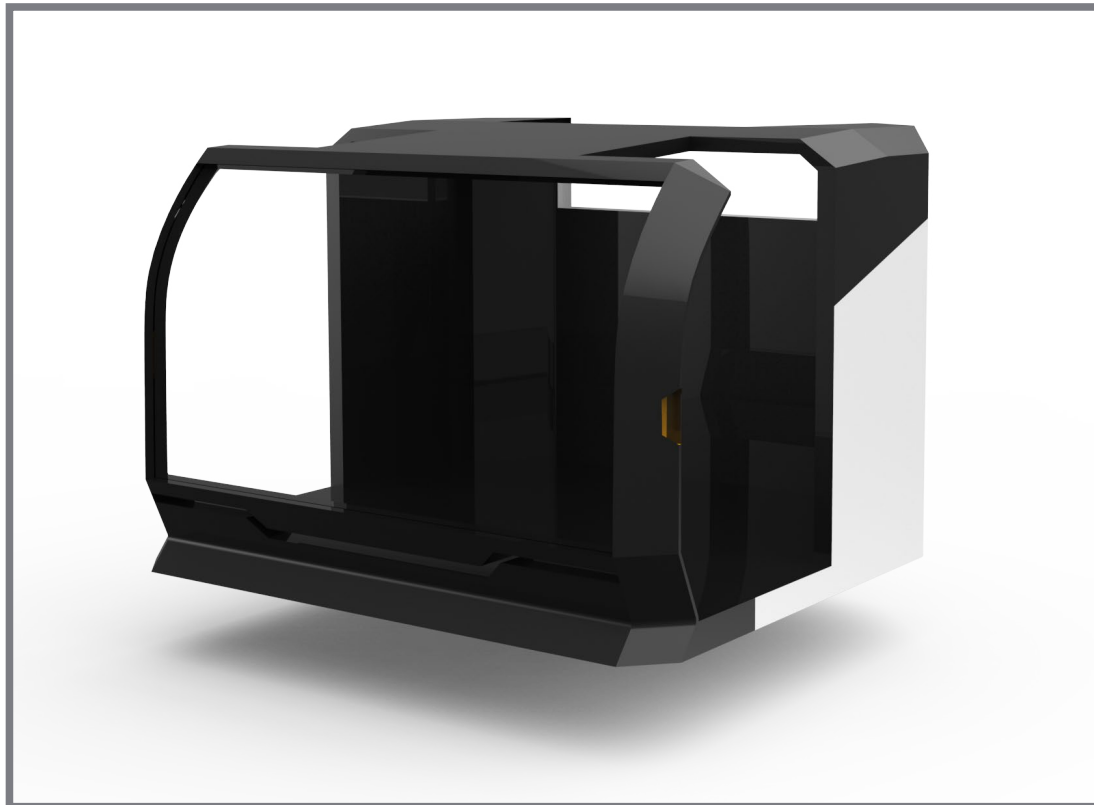
Uchopovací mechanizmus je poháňaný a ovládaný hydraulickým systémom. Jedná sa o štandardný hydraulický systém založený na čerpadlách, ktoré sú pripojené na dieselový agregát a elektromotor. Ďalšími časťami sú hadice, ventily, hydraulické piesty, akumulátor a zberná nádrž. Využíva sa systém vnútorného a vonkajšieho okruhu. Nádrž má kapacitu 600 litrov, z dôvodu rozsiahlych rozmerov celého systému.



Obr.6-11 Mechanizmus so zvýraznenými hydraulickými piestami

6.1.9 Kabína

Kabína je uložená v strede, čo uľahčuje manipuláciu s ťahačom a jeho obsluhu a je dostatočne široká na to, aby mimo samotného vodiča bola schopná poňať aj prípadných ďalších členov obsluhy. Hlavný nosný rám je tvorený obvodovými nosníkmi podlahou a fixnou časťou strechy. Celková pevnosť kabíny je znížená len nevyhnutnými otvormi na čelné, zadné a strešné okná. Čelné sklo je opatrené proti zrážkam prúdiacim vzduchom z vrchnej strany rámu. V kabíne sa nachádzajú ovládacie elementy, komunikačné zariadenia a displeje zobrazujúce zmapovaný priestor okolo ťahača.

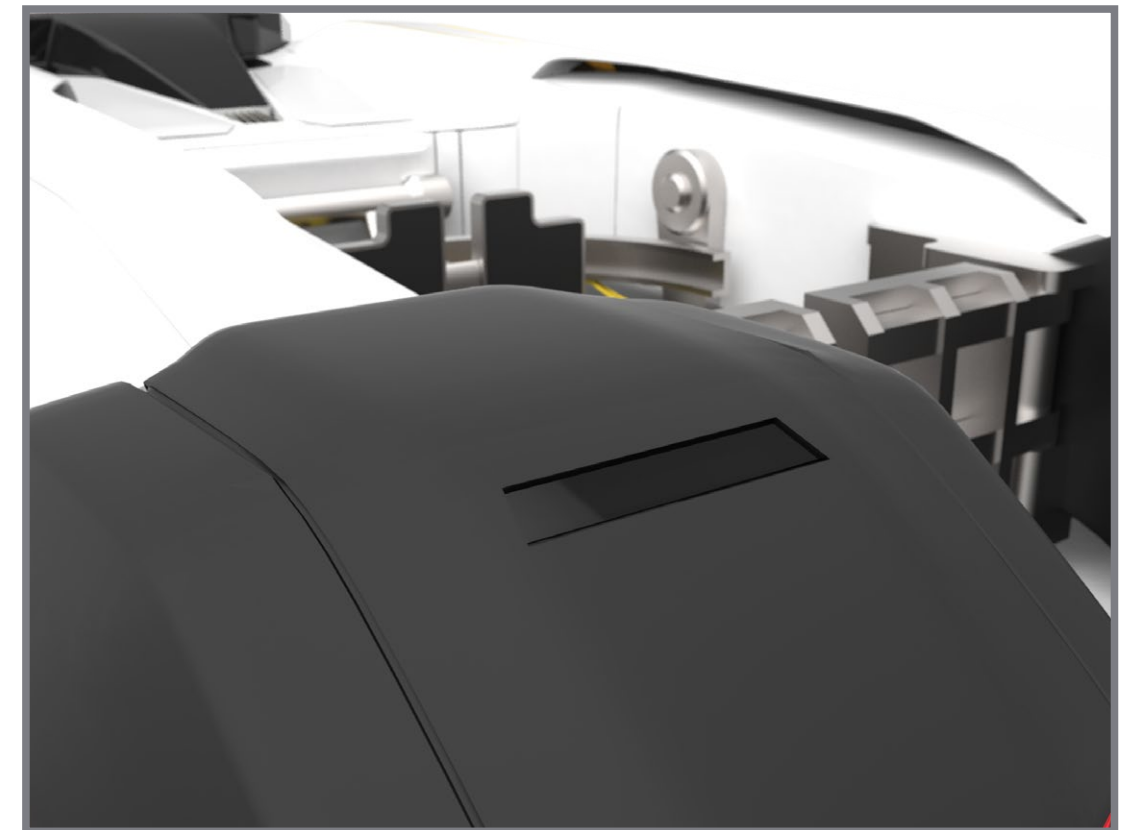


Obr.6-12 Základná konštrukcia kabíny

6.1.10 Riadiace a asistenčné systémy

Systém semiautonomity vyžaduje implementáciu komplexnejších riadiacich systémov. Zároveň sú riadiace systémy potrebné na správne fungovanie sférických pneumatík. Riadiace systémy prevádzajú vstupné podnety na reakcie ťahača. Tieto podnety prichádzajú pri presune na odletovú dráhu od pilota z kokpitu a obsluha tak zasahuje len v nevyhnutných prípadoch, prípadne od rozličných asistenčných systémov mapujúcich okolie aj v čase, keď má kontrolu nad vozidlom samotný vodič.

Mimo bežných asistenčných systémov je výhodným prvkom aj funkčný autopilot, ktorý je pri bežnej prevádzke schopný nasledovať dopredu vyznačené dráhy, komunikovať a byť funkčne implementovaný do riadenia letiska. Tieto technologické riešenia sú úzko spojené s riešením monitorovacích systémov a senzorov, nutne rozmiestnených na ťahači a snímajúcich bezprostredné či vzdialené okolie.[35]



Obr.6-13 Priezor zadnej kamery

6.1.11 Materiály

Návrh pri väčšine komponentov rešpektuje súčasné výrobné procesy. Základným materiálom sú tak kovy použité v rozličných formách. Rám je tvorený zvaranou vysokopevnostnou oceľou, stojné časti plošín sú z ohýbaného plechu. Podobne z kovu je vyrobený aj nosný rám kabíny a väčšina exteriéru. Vonkajšie kryty hlavného tela sú pomerne komplikované, a preto sa na ich výrobu hodia kompozitné materiály alebo plasty. Tieto materiály zvyšujú investičné náklady do výroby, avšak následná produkcia je už cenovo výhodnejšia a zároveň rovnako kvalitne plnia funkciu.

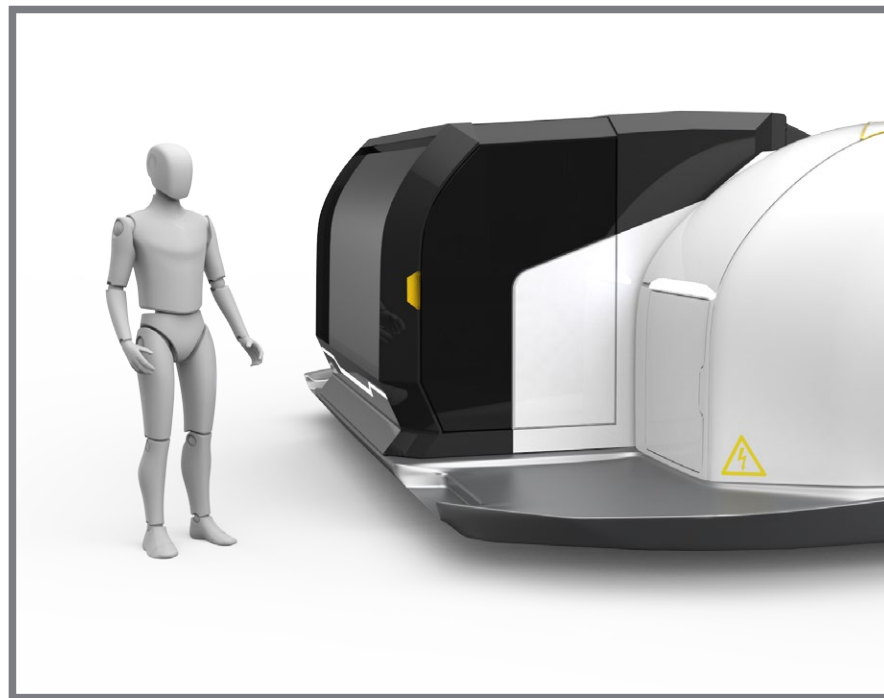
6.2 Ergonomické riešenie

Pre pohodlné používanie ťahača je dôležité riešenie návrhu z ergonomického hľadiska. Z ergonomického hľadiska ide o bezprostredný kontakt človeka a stroja, ktorý spadá do ergonomickej kategórie E. Jedná sa o pracovný kontakt realizovaný pomocou ovládačov a ukazovateľov pre nevýrobnú činnosť. [33]

Nakoľko sa jedná o vozidlo, najviac oblastí, v ktorých bolo potrebné sa výrazne zamerať na ergonómiu, bolo sústredených v kabíne aj jej blízkom okolí. Dôkladnejšie je práca zameraná na exteriér vozidla- na vonkajší prístup do kabíny a výhľady z nej. Povrchovo sa však práca zaoberá aj základným blokovým riešením interiéru a systému ovládania, ktorý priamo vplýva aj na exteriér vozidla a ergonomické riešenia v týchto častiach.

6.2.1 Nástupná plošina

Štandardne prvým miestom kontaktu obsluhy a vozidla je nástupná plošina. Tá umožňuje komfortnejší prístup ku vstupu do kabíny a zároveň je občasne využívaná aj na transport osôb či vecí. Jej výška od zeme je: 320 mm a napriek tomu, že táto výška je u iných strojov často prekonávaná obsluhou, na zjednodušenie prístupu, sa po oboch stranách z čelného pohľadu nachádza zapustený schod. Rozmery tohto schodu sú 600x250mm a jeho výška od zeme je 200mm. Schod bol zvolený z prednej časti plošiny tak, aby obsluha mohla jednoduchšie postrehnúť prípadnú ďalšiu nastupujúcu osobu.

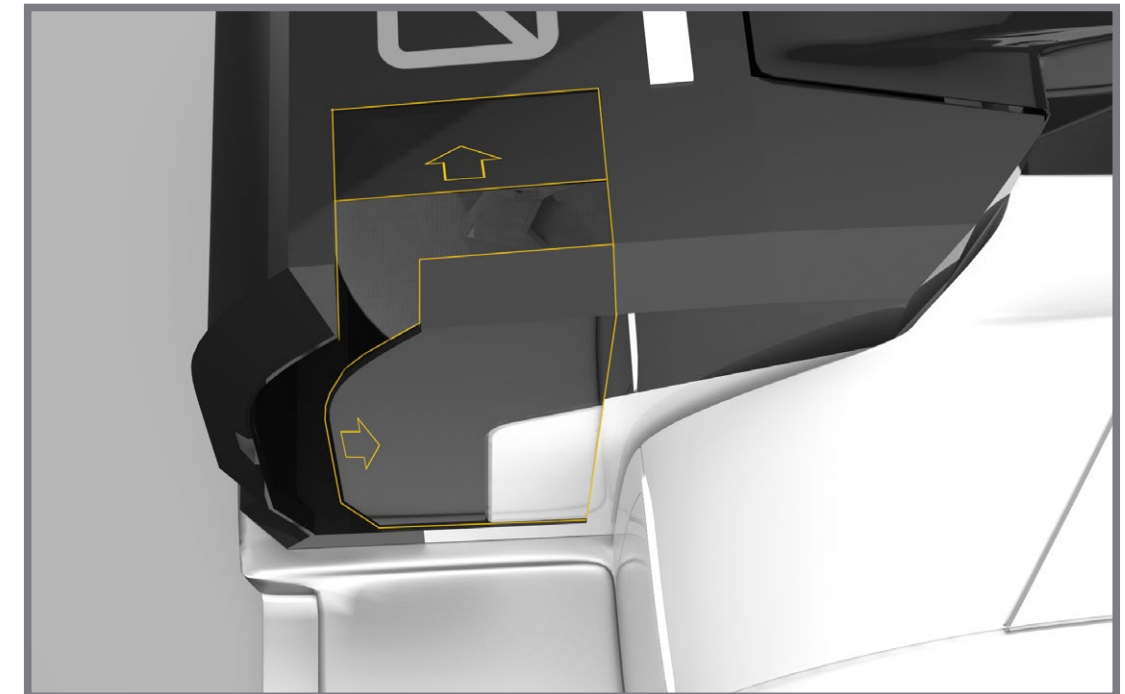


Obr.6-14 Osoba priemernej výšky prístupujúca k plošine

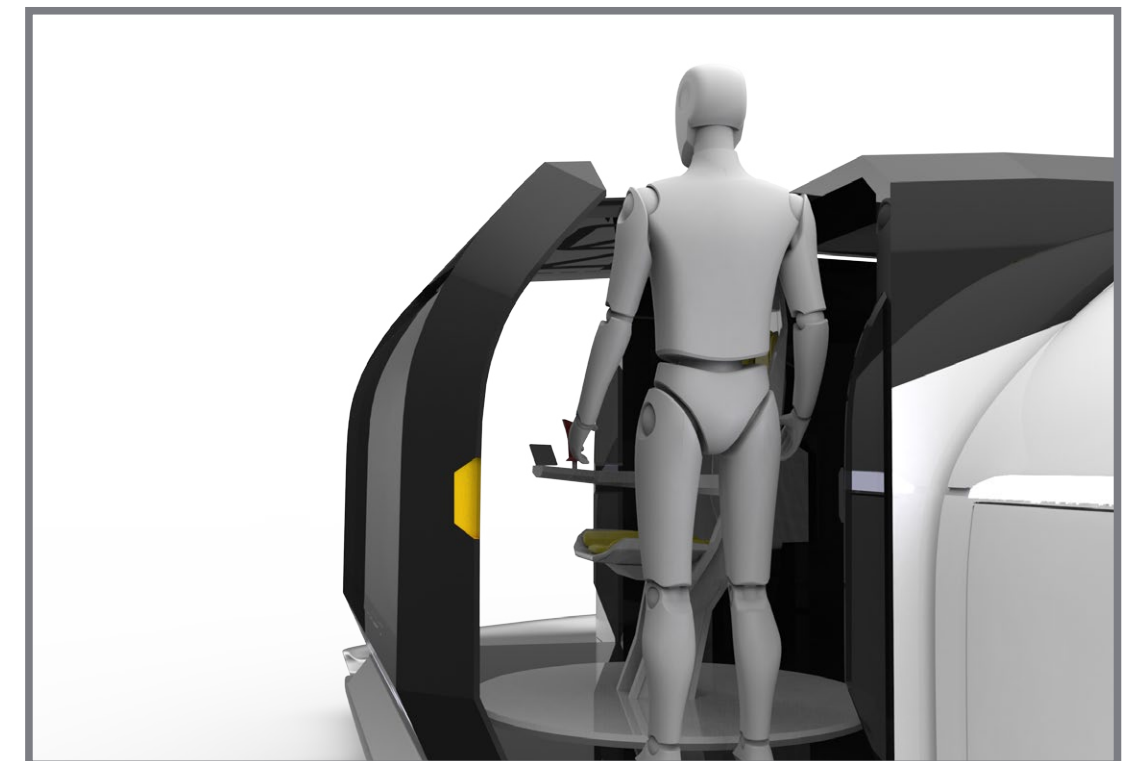
6.2.2 Kabína a vstup do kabíny

Významným aspektom pre človeka je prístup do samotnej pracovnej pozície. Rozmery kabín ťahačov sa nevymykajú rozmerom iných pracovných strojov. Problémom v porovnaní s inými vozidlami je pomerne nízka výška umiestnenia kabíny na vozidle, čo spôsobuje vzpriamený vstup osôb do kabíny. Navyše sa sedačka pre riadenie vozidla nenachádza hneď v blízkosti dverí, a nenastáva nastupovanie bokom a dozadu, typické pre ostatné dopravné prostriedky, a pri ktorom sa ľudské telo prirodzene zníži. Kabína má celkovú svetlú úžitkovú výšku 1650 mm. V porovnaní so súčasnou produkciou ťahačov nadišlo k jej miernemu zvýšeniu, no ani to stále nestačí na pohodlné státie 100% dospelej ľudskej populácie v jej vnútri. Ako riešenie tohto problému tak návrh obsahuje posuvné strešné okná, ktoré priamo nadväzujú na hornú hranu dverí a po ich otvorení sa automaticky zasunú, aby tak vytvorili určitý optický koridor. Tento otvorený priestor nad hlavou je vhodný na vzpriamené priblíženie ku hlavnej sedačke a zároveň pri obklopení užívateľa z troch strán ho nabáda k tomu, aby dával väčší po-

zor a prikrčil sa. Hrany strešného okna je navyše vhodné pre lepšiu viditeľnosť opatriť reflexnou farbou.



Obr.6-15 Grafické znázornenie súčasného otvárania dverí a strešného okna

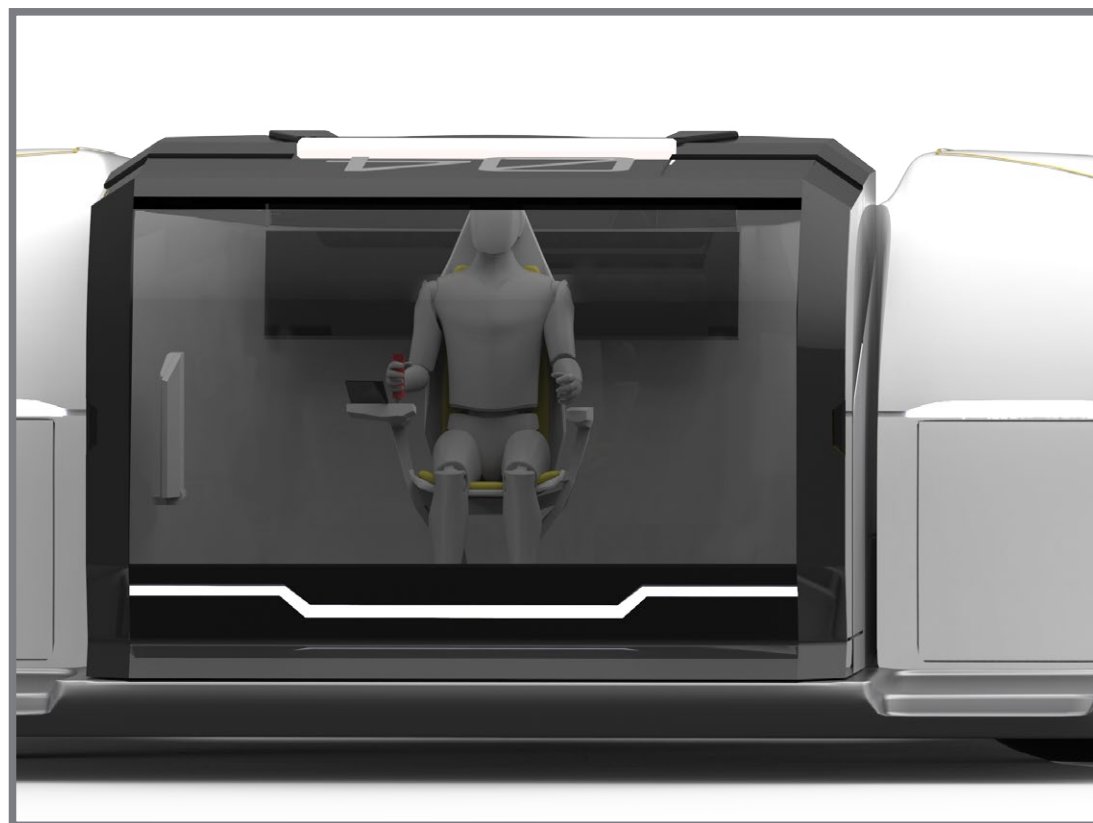


Obr.6-16 Osoba stojaca v priestore vytvorenom posuvným strešným oknom

Po usadnutí obsluhy do sedačky a zavretí dverí sa následne uzavrie aj strešné okno. Samozrejmosťou pre akýkoľvek automatický systém je mapovanie nežiadúcich objektov v priestore či forma upozornenia na zlyhanie akejkoľvek časti systému. Ako riešenie samotných dverí je zvolené riešenie posuvnými dverami, ktoré sa zasúvajú do zadnej bočnice kabíny. Jedná sa o dvere zabierajúce celú výšku boku kabíny spolu s časťou obvodového rámu. Ich otváranie a posuv je realizovaný spredu (od čelnej strany ťahača) smerom dozadu. V zadnej časti A stĺpikov je umiestnené zapustenie, ktoré slúži na lepší úchop mechanizmu zámku dverí. Jeho šírka je 160mm a hĺbka 60mm. Zatváranie dverí prebieha automaticky po zasadnutí obsluhy do vozidla spojené so zvukovým signálom, po vypršaní určitého limitu alebo manuálne obsluhou.

6.2.3 Interiér

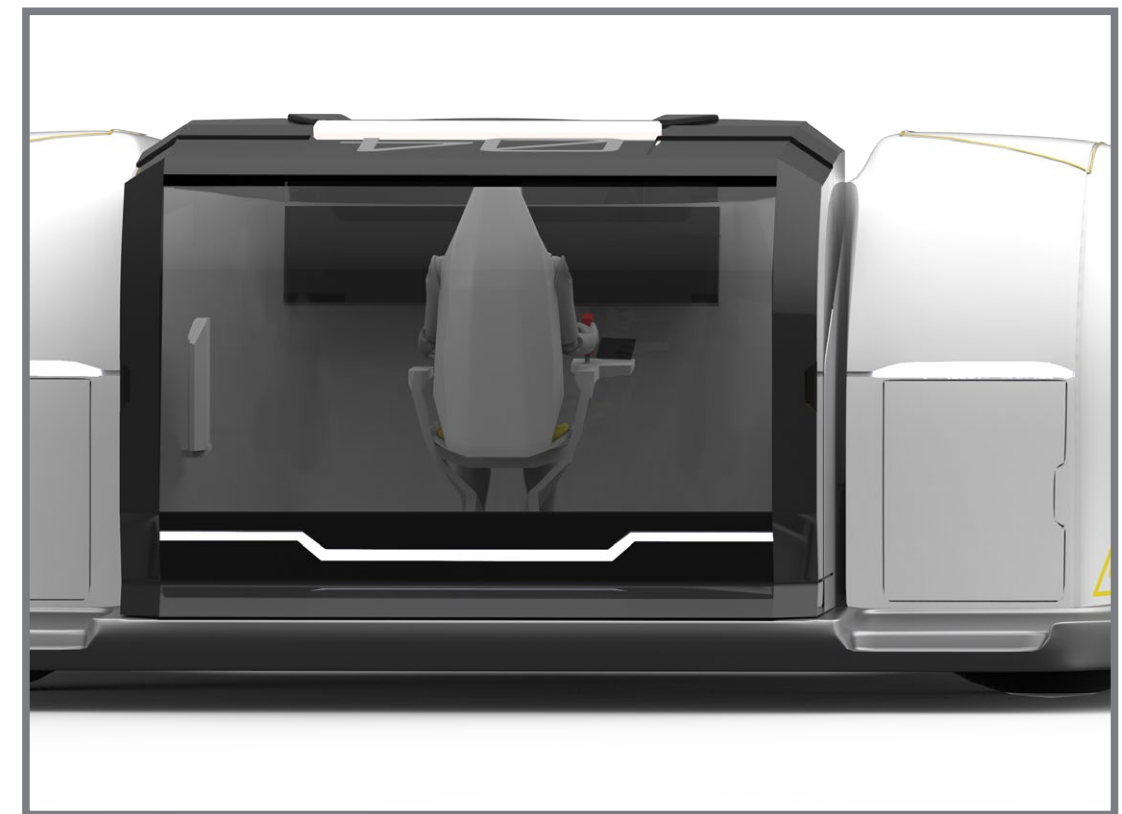
Vďaka rozmerom ťahača je aj plocha kabíny pomerne veľká. Schopná je tak bez problémov poňať trojčlennú posádku vnútri s dostatkom osobného i pracovného priestoru. Posádka, mimo vodiča, má k dispozícii výklopné sedačky ktoré sú umiestnené v zadných rohoch kabíny ťahača. Najvýraznejším prvkom celého interiéru je však sedačka určená pre vodiča ťahača. Tá je umiestnená presne na stredovej osi kabíny. Umožňuje tak najlepší výhľad na všetky strany a zároveň toto umiestnenie napomáha presnému zarovnávaniu ťahača a lietadla. Ostatné prvky kabíny sú smerované práve k optimálnemu sledovaniu či používaniu z tejto pozície. Sedačka je umiestnená na otočnej plošine, ktorá má možnosť otáčania 360 stupňov, čo umožňuje jej správnu orientáciu



Obr.6-17 Kabína so sedačkou otočenou dopredu

z dôvodu rozdielného smeru vykonávania jednotlivých úkonov a zároveň uľahčuje jej opustenie a vystupovanie.

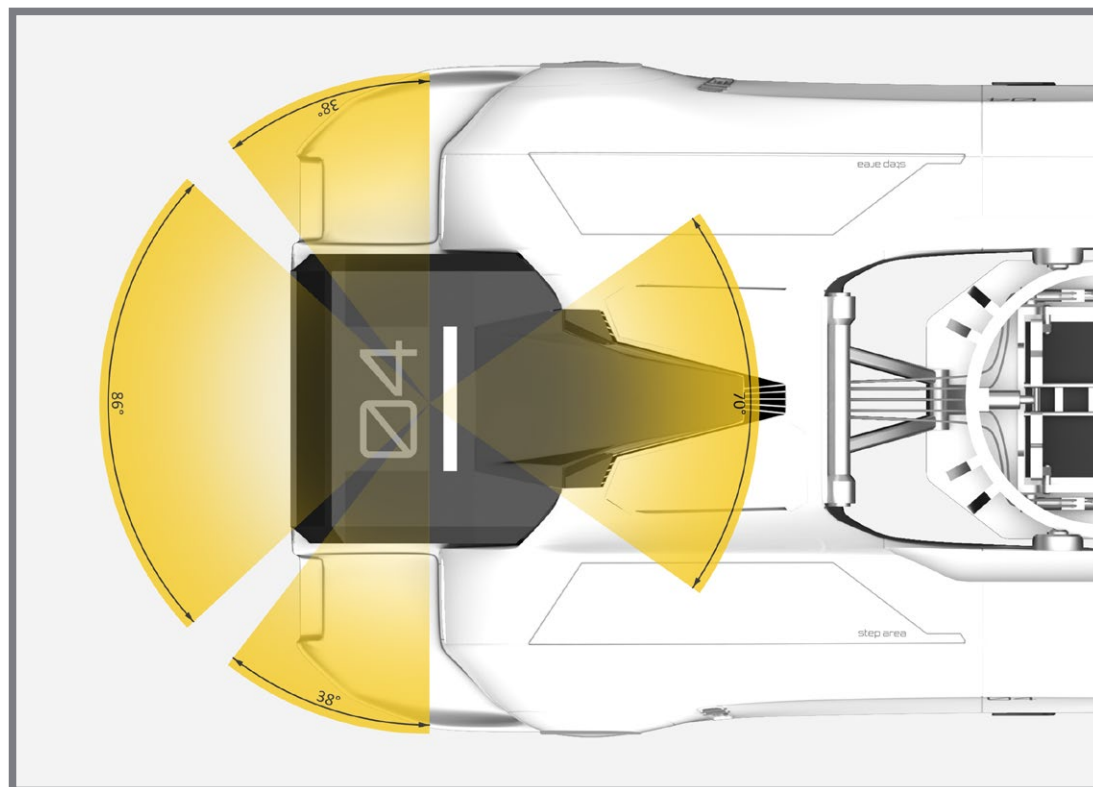
Sedačka je taktiež výškovo nastaviteľná, aby tak každý člen obsluhy zdieľal rovnaké výhľady. Zároveň sa jej výška pre každého užívateľa otočením do zadnej pozície mierne zvyšuje, aby ešte mierne zlepšila výhľad dozadu. Hlavné prvky riadenia sú umiestnené na opierkach pod ruky a otáčajú sa tak spolu s kreslom. Obsluha tak v žiadnom momente nestráca nad ovládacími prvkami kontrolu a súčasne nedochádza k uzavretiu osoby do určitej pevne vytýčenej riadiacej kóje. Pri obrátení dozadu i dopredu sú na rozšírenie bežných vnemov použité displeje, ktoré zobrazujú pre obsluhu relevantné informácie ako napríklad obraz z kamier umiestnených na ťahači. Ďalším vybavením kabíny sú panely ovládajúce rádiokomunikačné prístroje zabezpečujúce komunikáciu medzi ťahačom, pilotom a riadiacou vežou. V neposlednej rade je pre zvýšený užívateľský komfort kabína vybavená klimatizačnou jednotkou. Tá, je dôležitá najmä z dôvodu výrazného vplyvu teplôt na schopnosti maximálneho sústredenia a zároveň z dôvodu, že sa ťahač pohybuje v otvorenom priestranstve a jeho kabína je pomerne výrazne presklená.



Obr.6-18 Kabína so sedačkou otočenou dozadu

6.2.4 Zorné podmienky

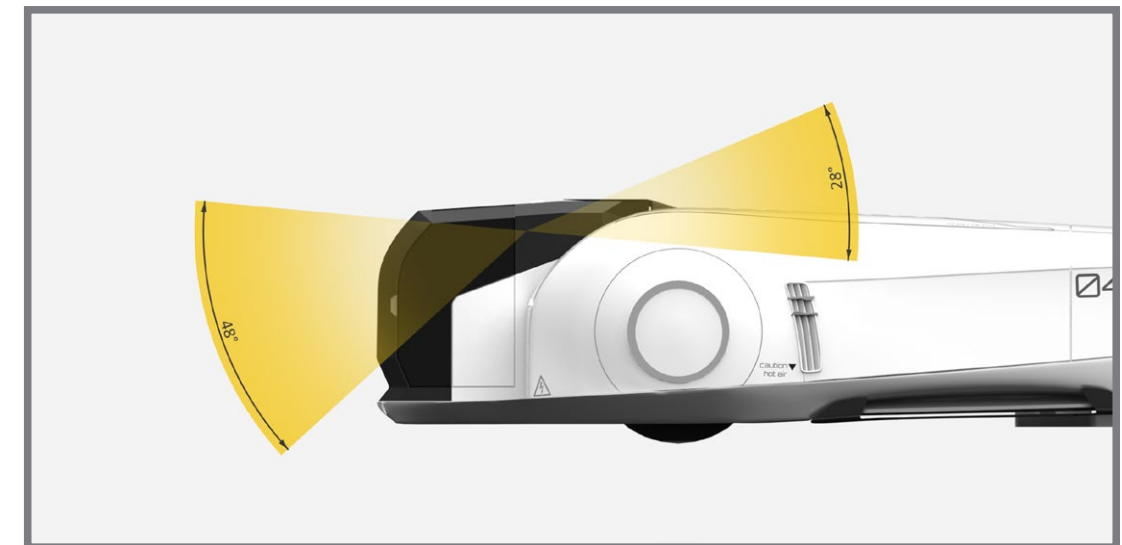
Pre správne ovládanie sú dôležitým parametrom pozorovacie uhly v jednotlivých rovinách. Správne navrhnutá a konštruovaná kabína by tak mala poskytnúť čo najlepší výhľad. Pomerne neobvyklým parametrom, ktorý je treba zohľadniť pri návrhu bol mierny výhľad nahor najmä v zadnej časti kabíny. Z dôvodu zvolenej najvyššej kategórie letiskových ťahačov, má telo ťahača pomerne rozmerné krytovanie, čím mierne redukuje možnosti na skutočný výhľad. Tento hendikep a ostatné slepé uhly vo výhľadoch však jednoducho odstráni kamerový systém s kamerami rozmiestnenými vhodne okolo ťahača.



Obr.6-19 Výhľadové uhly vo vertikálnej rovine

Výhľad v horizontálnej rovine

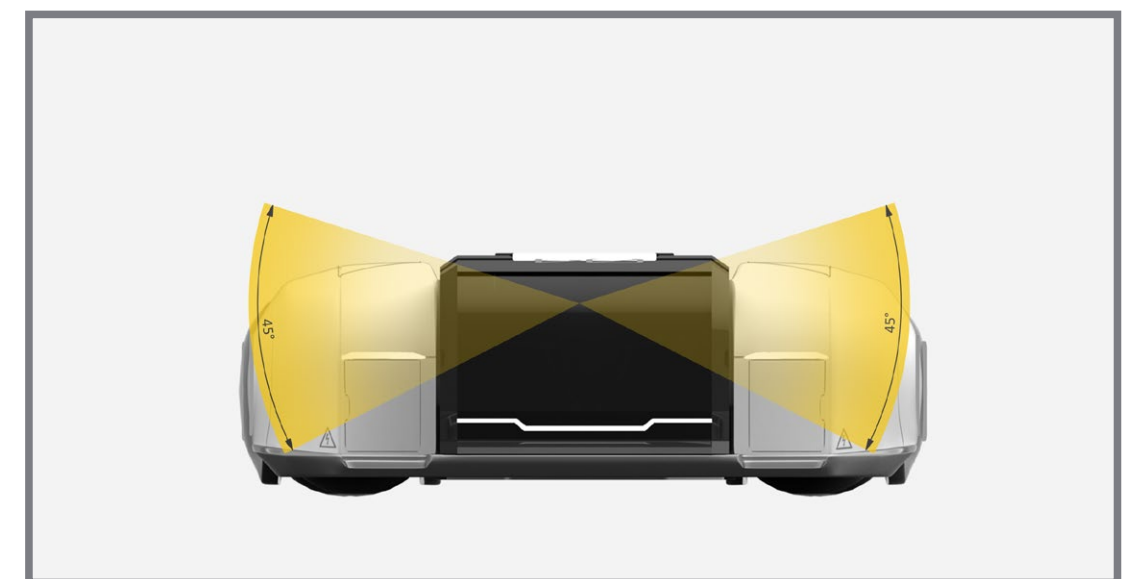
Výhľad v horizontálnej rovine v prednej polovici obmedzujú iba stĺpiky rámu kabíny. Vzadu je výhľad obmedzený pevnou časťou kabíny, ktorá nadväzuje na hlavné kryty ťahača. Výhľad panoramatickým čelným sklom má tak hodnotu 86 stupňov. Výhľad zadným oknom je sústredený najmä na priestor s mechanizmom a má hodnotu 70 stupňov. Bočné výhľady zaberajú uhol 38 stupňov na každej strane.



Obr.6-20 Výhľadové uhly v sagitálnej rovine

Výhľad v sagitálnej rovine

Na zlepšenie výhľadu v tejto pozdĺžnej rovine smerom dozadu klesá stredová časť tela ťahača nižšie než bočnice. V prednej časti je výhľad blokovaný malou časťou čelného krytu kabíny, avšak vďaka nízko položenej kabíne je toto obmedzenie takmer nebadateľné. Pri pohľade nahor jedinou prekážku tvorí samotná strecha kabíny. Tá je však zredukovaná na nevyhnutnú časť, keďže do nej zasahujú zadné a strešné okná, ktoré výhľad nahor umožňujú. Čelné mierne zahnuté okno takisto poskytuje zlepšený výhľadový uhol o hodnote 48 stupňov. Výhľad zo zadného okna má veľkosť 28 stupňov a orientovaný je smerom nahor.



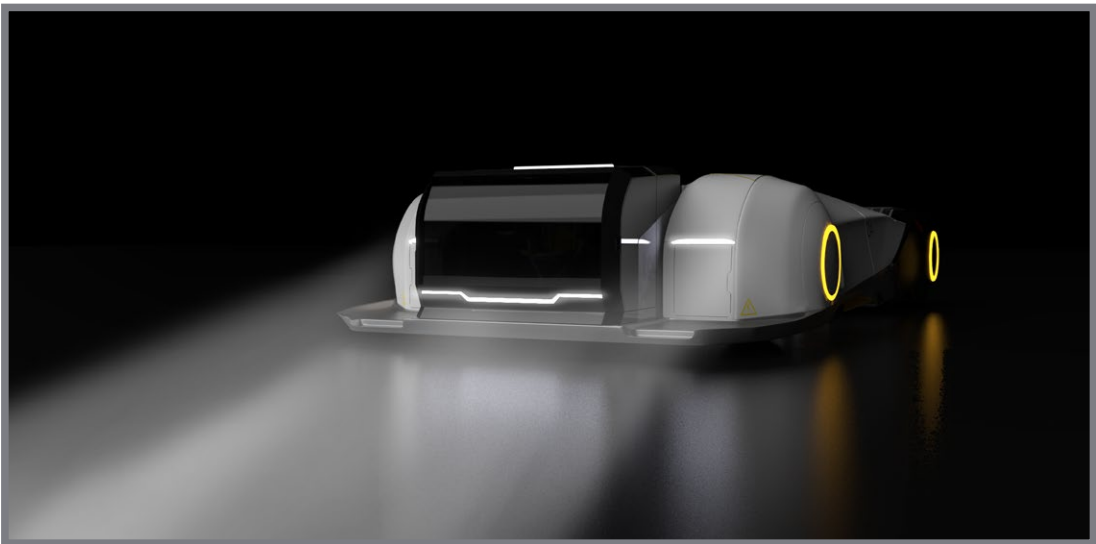
Obr.6-21 Výhľadové uhly vo frontálnej rovine

Výhľad vo frontálnej rovine

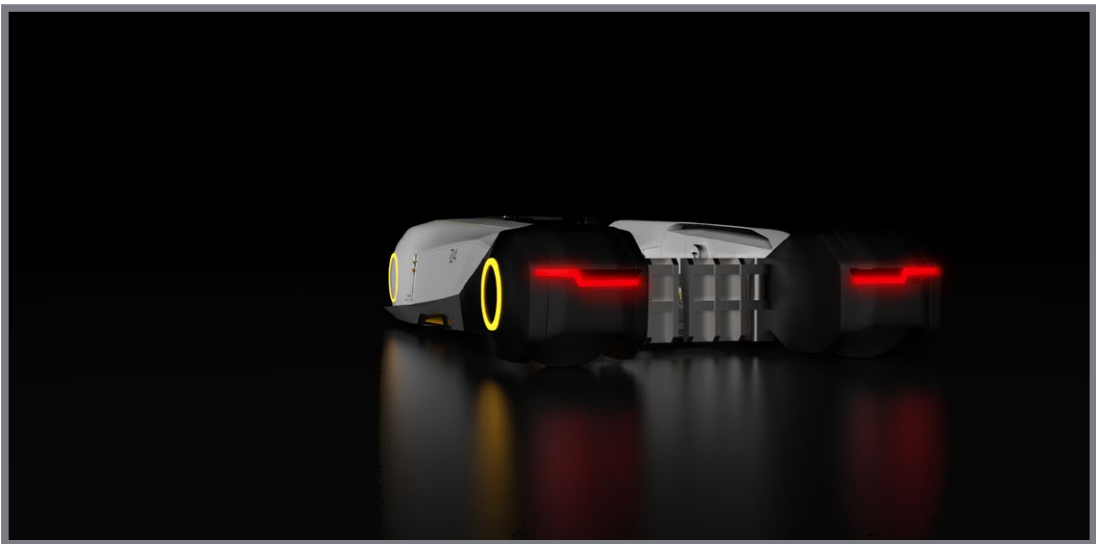
Pozitívny vplyv na výhľad do strán majú čiastočne presklené dvere, ktoré nemajú v hornej časti rám, a plynule na nich nadväzujú rozsiahle strešné okná. Jedinými prekážkami sú tak tesnenia a spoje dosadacích plôch ktoré sú rozmerovo tak malé, že ich môžeme zanedbať. Veľkosť bočného výhľadu z kabíny je tak 45 stupňov na každú stranu.

6.2.5 Svetlá a kamerové systémy

Výrazný vplyv na celkový výhľad z ťahača má jeho osvetlenie. Bez dostatočného svetla sa v zhoršených svetelných podmienkach stáva človek neefektívny a nepozor-

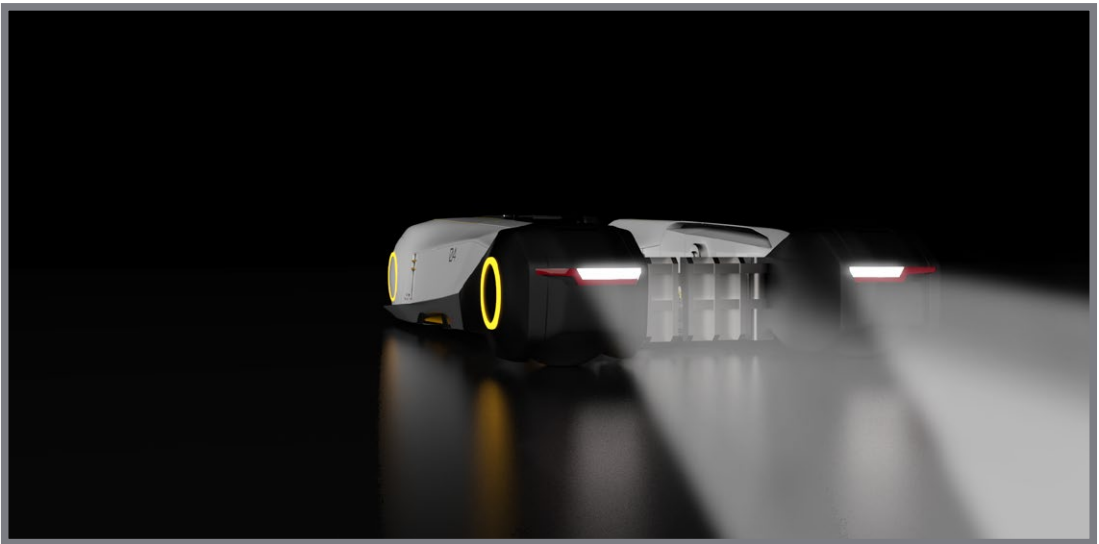


Obr.6-22 Čelné osvetlenie ťahača

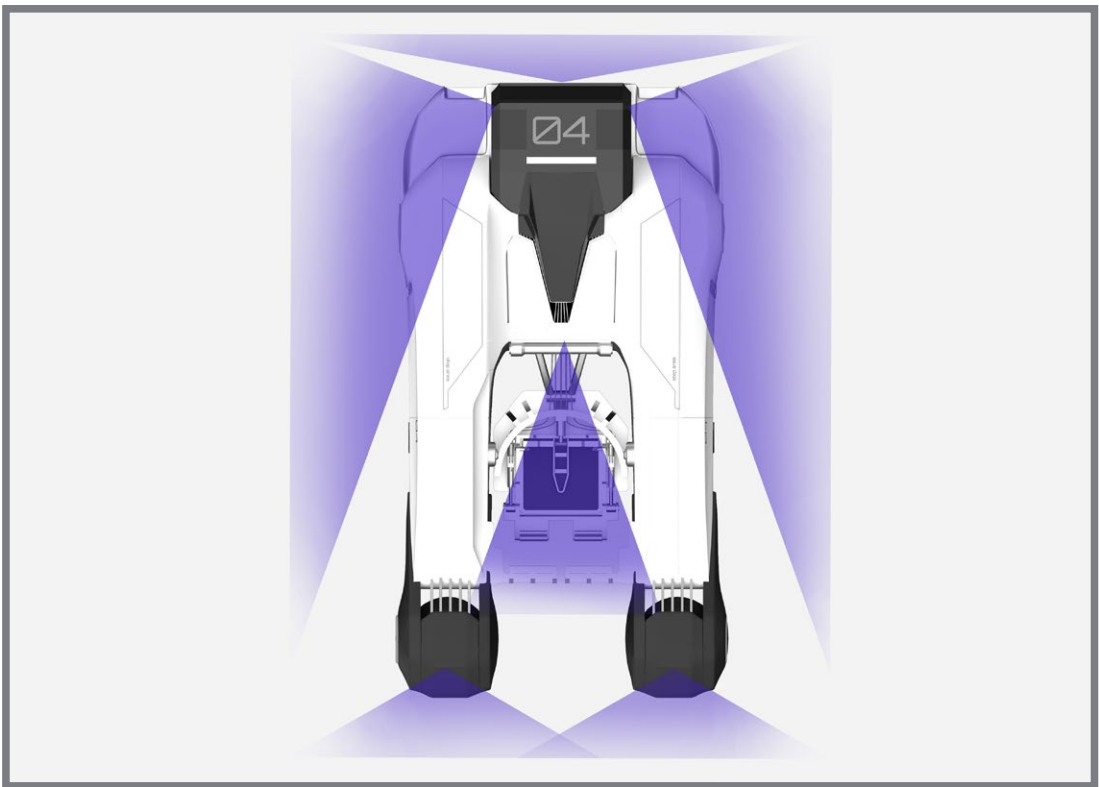


Obr.6-23 Zadné výstražné osvetlenie ťahača

ný. Letiskový ťahač ako stroj sa však používa v závislosti na potrebách letiska a teda takmer neustále. Dôležitým prvkom je teda osvetlenie vozidla. Svetlomety v prednej časti kabíny poskytujú svetlo na denné a bežné svietenie. Hlavné hmlové a diaľkové svetlomety sú umiestnené po stranách kabíny v hlavnom kryte. Zadné kryty svetiel obsahujú, mimo štandardných brzdoých a obrysoých svetiel, aj svetlá schopné pri



Obr.6-24 Zadné osvetľovacie svetlomety



Obr.6-25 Pozorovacie uhly hlavných kamier prístupných obsluhu

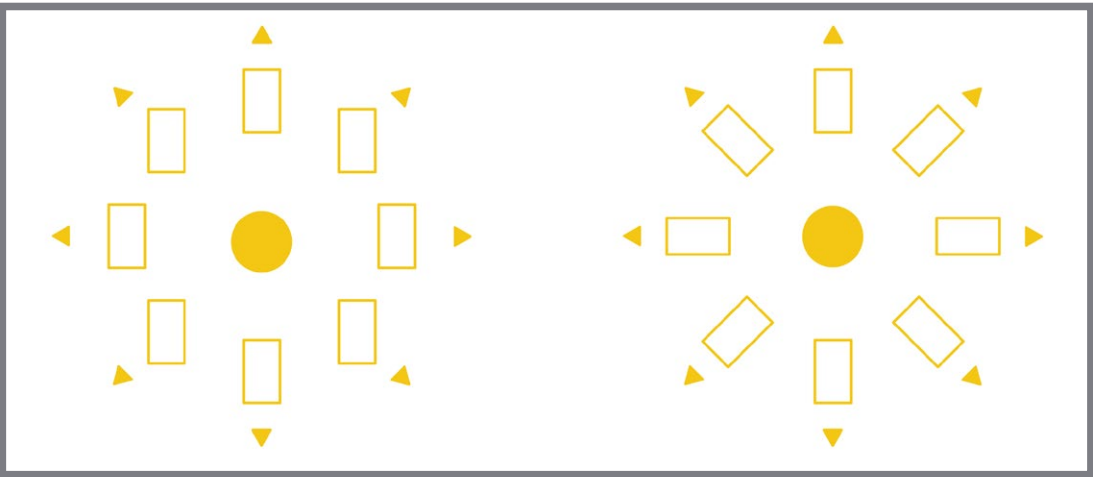
pohybe dozadu plne osvetliť priestor za ťahačom. Významným svetlom z pohľadu obsluhy je taktiež svetlo, ktoré osvetľuje podvozok lietadla a mechanizmus vozidla počas pripájania a odpájania. Výstražné a smerové svetlá sú umiestnené po stranách vozidla a navrchu kabíny. Smerová signalizácia môže byť zobrazovaná, vďaka použitej technológii, zároveň aj v predných či zadných svetlách. Táto signalizácia má obrovský význam pre ostatné osoby pohybujúce sa v okolí ťahača, najmä z dôvodu, že smer jeho pohybu je pomerne ťažko odhadnuteľný.

Pri situáciach, kde výhľad nie je optimálny alebo ľudské oko svojou zobrazovacou metódou nestačí, je výhodné využiť kamerové systémy. Navyše tieto systémy môžu nielen poskytovať priamu vizuálnu pomoc obsluhu, ale ich implikovaním do asistenčných systémov, môžu na nižšej úrovni ovplyvňovať správanie ťahača pri jazde. Taktiež môžu zamedziť chybe obsluhy alebo iného systému a následnej kolízii. Kamery sú v zadných krytoch dozadu, kde slúžia na sledovanie situácie za ťahačom miesto štandardných spätných zrkadiel. Následne sa kamera nachádza v blízkosti osvetlenia uchopovacieho mechanizmu a slúži na virtuálne predĺženie reálneho výhľadu cez zadné sklo smerom dozadu.

Ďalšie kamery sa nachádzajú na bokoch kabíny a slúžia na mapovanie priestoru po stranách ťahača. Poslednou kamerou je kamera sledujúca priestor pred ťahačom, ktorá je aktívna najmä v dobe, keď kontrolu nad ťahačom preberajú autonómne systémy alebo je vodič v kabíne orientovaný opačným smerom.

6.2.6 Logická schéma ovládania

Vďaka použitému systému sférických pneumatík sa riešenie ovládania smeru jazdy, založené na využití volantu, síce javilo ako užívateľsky najviac priateľné, ale kvôli strate reálneho prepojenia uhlov natočenia kolies s natočením volantu sa nejavilo ako vhodné. Tento efekt by bol síce jednoducho simulovateľný, ovládanie volantom však bolo nedostatočne citlivé a responzívne na ďalšie aplikácie v oblasti posunov ťahača



Obr.6-26 Schématické zobrazenie režimu posuvu a režimu zatáčania

po priamych líniách bez jeho natočenia. Ako systém na ovládanie bol teda zvolený joystick. Ten je schopný vytvoriť podnet na posun ľubovoľným smerom. Navyše je schopný pracovať v dvoch rozličných režimoch. Jedným je režim posunu ťahača klasickým spôsobom, kedy sleduje smer pohybu (umožňuje rotovať ťahaču okolo svojej osi) a druhým režim krabieho chodu kedy ťahač ostáva v rovnakej pozícii a mení sa len smer jeho pohybu. Druhý režim je menej komfortný na používanie pri dlhších vzdialenostiach a väčších rýchlostiach, no výhodný na presnú a citlivú manipuláciu s ťahačom.

Vďaka týmto rozdielom by sa zmena režimu nemusela realizovať výhradne pomocou fyzického prepínača, ale samotný ovládač by mohol pri malých posunoch realizovať pohyb ťahača krabím chodom a pri väčších posunoch štandardne. Hlbšie riešenie ovládania pohybu však bez bližších testov s reálnymi subjektami stráca význam.

Ostatné ovládanie je realizované fyzickými tlačidlami umiestnenými na paneloch opierok či v priestoroch kabíny alebo virtuálnymi tlačidlami umiestnenými na dotykovom displeji.

6.2.7 Základné servisné prístupy

Členenie krytov hlavného tela ťahača umožňuje z bočných strán pomerne komfortný prístup k najdôležitejším vnútorným komponentom. Na najbežnejšie servisné úkony slúžia dvierka umiestnené z prednej strany tela v blízkosti plošiny. Tie ukrývajú napríklad zásuvky na dobíjanie batérii či ovládanie celého elektrického systému. V stredovej časti sa taktiež nachádzajú odnímateľné kryty, umožňujúce prístup k nádržiam a iným komponentom hydrauliky.



Obr.6-27 Základný prístup k servisu

7 FAREBNÉ A GRAFICKÉ RIEŠENIE

K finálnemu vnemu celkového riešenia dizajnu letiskového ťahača výrazne prispieva zvolené farebné riešenie, ktoré je dôležitým výrazovým prvkom. V prevádzke letiska môžeme identifikovať spoločné znaky, farebného a grafického riešenia jednotlivých prvkov, ktoré sa objavujú u všetkých výrobcov. Primárnym prvkom je časté používanie bielej. Táto biela farba sa často používa ako úprava povrchu lietadiel a presunula sa tak takmer na všetku úžitkovú dopravnú techniku spojenú s prevádzkou letiska. Biela farba poskytuje viacero výhod. Prvou je cena. Biela farba je v porovnaní s rôznymi farebnými odtieňmi lacnejšia. Zároveň pri následnom ďalšom predaji má všeobecne inú než biela letecká technika v priemere nižšiu hodnotu, keďže musia byť následne vynaložené vyššie náklady na jej prelakovanie. Táto fluktuácia síce nie je častá v prípade letiskových ťahačov, no treba ju brať do úvahy. Biela farba poskytuje technike taktiež vysokú viditeľnosť, vďaka kontrastu s tmavým povrchom letiskových plôch. Tento kontrast navyše prospieva k viditeľnosti poškodení a únikov rôznych kvapalín, čo zvyšuje bezpečnosť celej letovej prevádzky. Zároveň biela, odráža výrazné množstvo slnečného žiarenia, a čiastočne tak zabraňuje nežiadúcemu prehrievaniu vnútorných komponentov. Vplyvom slnečného žiarenia ani nestráca správny odtieň a nebledne. V neposlednej rade je biela elementárnou a neutrálnou farbou, ktorá vhodne podporuje iné farebné odtiene.

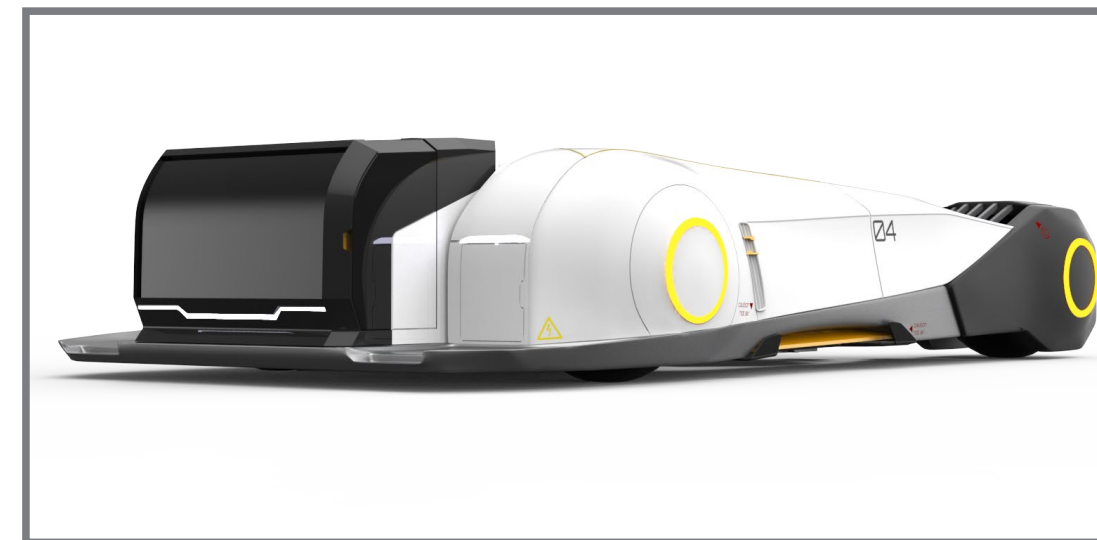
Ďalšími často využívanými farbami sú rôzne sýte farby, ktoré pozitívne vplyvajú na viditeľnosť, bežné sú tak sýte žlté či oranžové farby. Tieto farby sa vyskytujú zväčša len z čisto funkčného hľadiska na odlíšenie alebo ako upozornenie.

Ďalším frekventovaným prvkom je použitie neutrálnych, tmavých šedých (antracitových) a čiernych farieb najmä z vnútornej strany ťahača a na technické komponenty mechanizmu. Jedná sa o oblasti, kde hrozí najväčšie znečistenie, prípadne o časti, kde je ponechaná pôvodná farba použitého materiálu.

7.1 Hlavný farebný variant

Farebný variant priamo súvisí s tvarovým rozdelením hmoty ťahača, a opticky posilňujú tento dojem. Základnou ideou bolo zachovať súčasné farebné spektrum vyskytujúce sa na letiskách, rešpektovať ho, a preto ako hlavný farebný prvok použiť neutrálne farby - prevažne bielu. Biela pokrýva výraznú časť vrchnej časti tela ťahača tak, aby zvyšovala viditeľnosť ťahača a zároveň odrážala priamo dopadajúce slnečné žiarenie. Zároveň tak opticky nadväzuje na častú bielu farbu nachádzajúcu sa na trupoch lietadla. Spodná časť krytu tela je opatrená oceľovo šedým nástrekom, ktorý bol zvolený s ohľadom na použitý konštrukčný materiál a aj to, že sa táto časť nachádza v blízkosti vozovky a hrozí im inkrementálne poškodenie odlietajúcimi elementami. Zároveň je táto farebnosť vhodná z dôvodu, že plošina slúži na státie a častý pohyb ľudí, čím sa predpokladá jej rýchlejšie a častejšie znečistenie. Na kryty zadných pneumatík je zvolená tmavá farba, ktorá reaguje na blízky kontakt s podvozkom lietadla, vizuálnu podobu podvozku a ďalšie riziko znečistenia. Zvolená preto bola čierna matná farba. Farebné riešenie častí uchopovacieho mechanizmu, je založené na materiáloch, z ktorých sú vyrobené a opatrené len antikoróznym náterom. Výnimku tvoria plochy ktoré prichádzajú do priameho kontaktu s podvozkom lietadla. U týchto plôch sú vyžadované silné stykové sily medzi mechanizmom a kolesami, opatrené sú zväčša čiernym protišmykovým náterom.

Z dôvodu rozličného umiestneniu a funkcií jednotlivých prvkov sa v riešení nachádzajú lesklé aj matné povrchové úpravy. Zároveň je vhodné rešpektovať materiály z ktorých sú súčasti vyrobené.



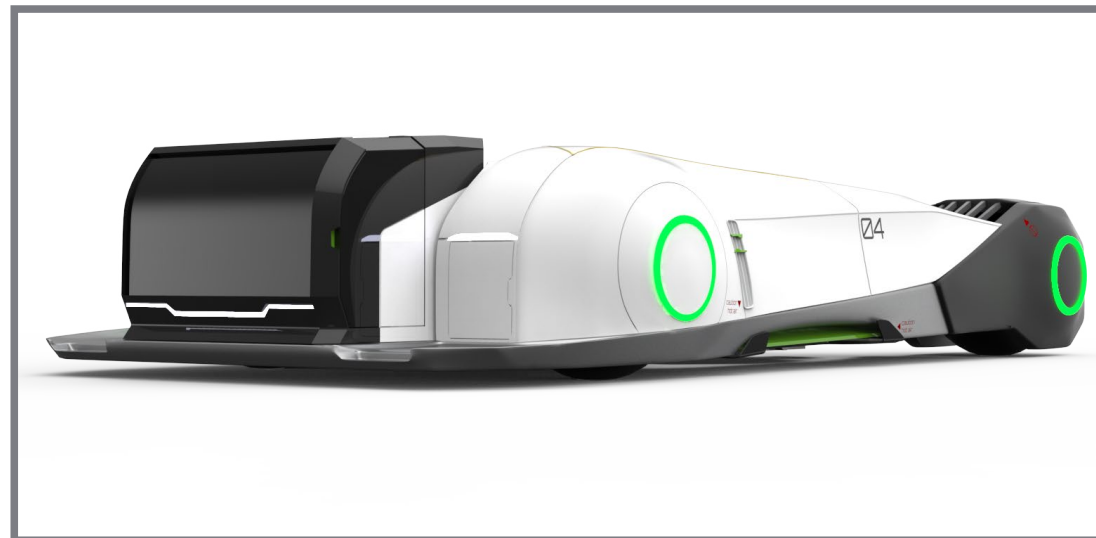
Obr.7-1 Finálna farebná kombinácia

Ako farba dopĺňajúca toto farebné spektrum bola cielene vybraná výrazná farba a zvolená bola žltá; konkrétne signálnu žltá. Táto farba je pomerne zaužívaná v tomto priemysle (zväčša na výstrahy a varovania) a zároveň je dosť výrazná na to, aby spoločne s osvetlením celkový vzhľad oživila a dotvorila. Nachádza sa tak na lamelách v spodnej časti ventilačných systémov, na bočných otvoroch, je farbou viditeľných rozvodov hydraulickej kvapaliny k jednotlivým piestom a nachádza sa aj na bezpečnostnej grafike.

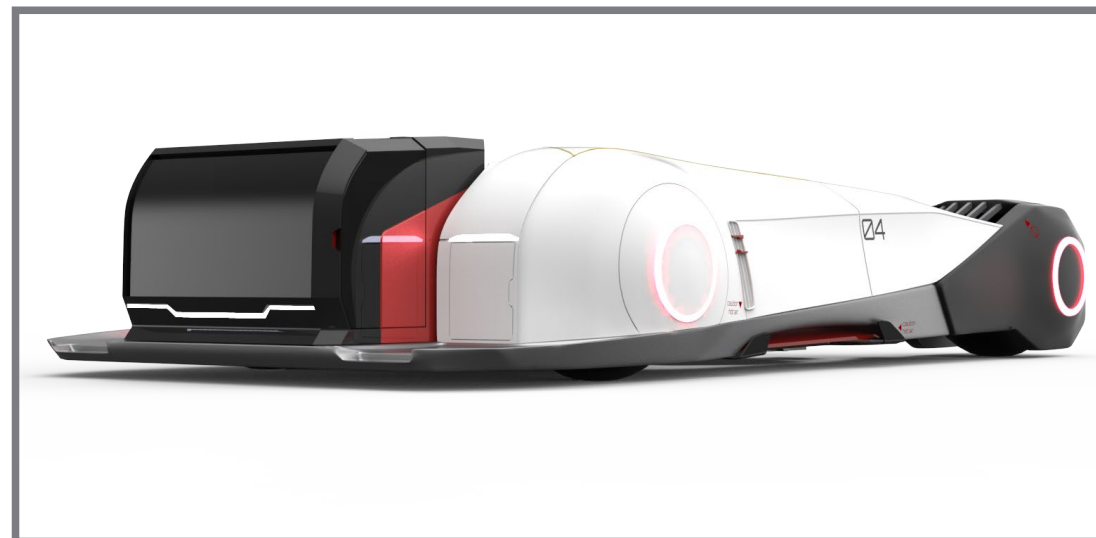
Farebné riešenie kabíny ako samostatného bloku je riešené tmavými lesklými plastmi v spojení s rozsiahlym presklením. Farebne odlíšeným prvkom na kabíne sú bočnice, ktoré čiastočne opticky prepájajú kabínu s telom, a sú preto totožne bielej farby. Farebný akcent žltou je prítomný na zapusteniach v A stĺpikoch, ktoré zároveň zvýrazňuje a usmerňuje užívateľa.

7.2 Ďalšie farebné varianty

Ďalšie farebné varianty vznikli na základe rovnakého myšlienkového postupu ako v prípade hlavnej varianty. Neutrálne farby boli v prvom prípade o zelenú a šedú. Zelená farba je farba, ktorá je často spojená s nízkou emisivitou pohonu či samotným elektrickým pohonom. Zároveň je farbou prírody a poukazuje tak na ekologickosť celého vozidla. Druhou zvolenou doplnkovou farbou je červená, ktorá je naopak farbou agresívnu, zosobňujúcou výkon, zároveň opäť často slúži ako dobre viditeľná a varovná farba.



Obr.7-2 Zelený farebný variant

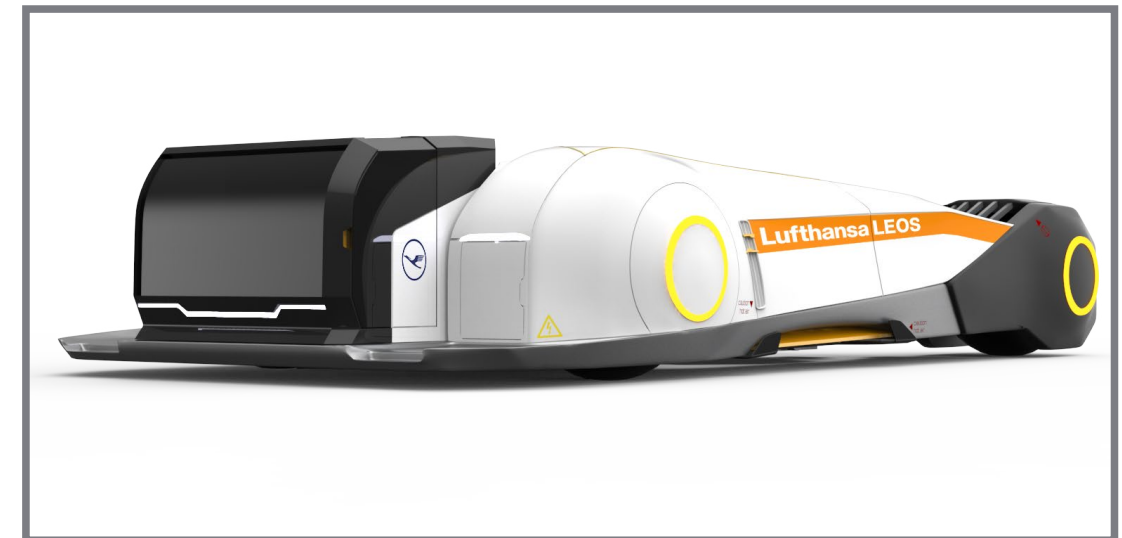


Obr.7-3 Červený farebný variant

7.3 Farebné varianty pre jednotlivé spoločnosti

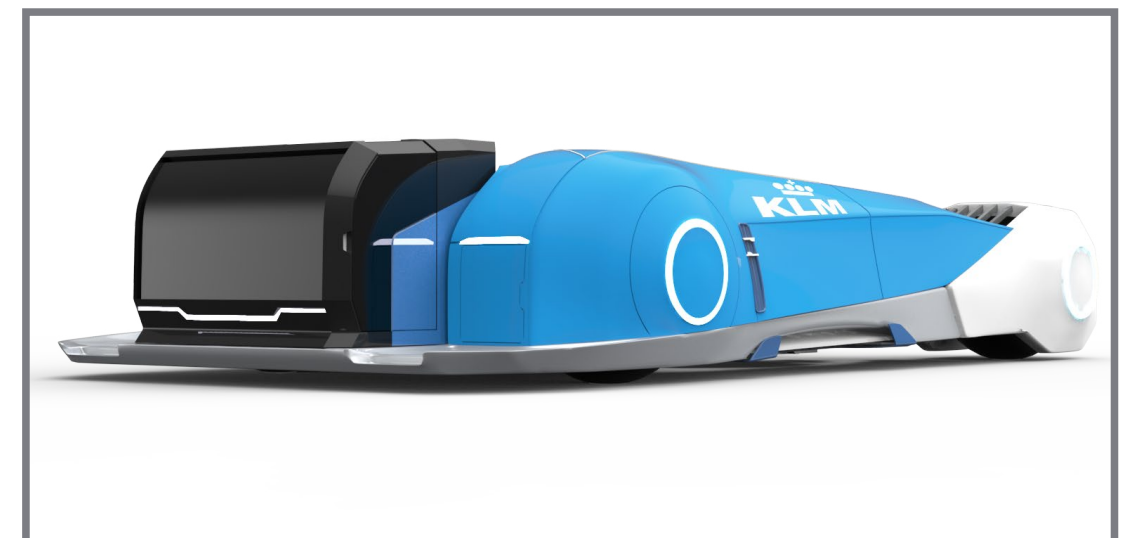
Pre aplikáciu v reálnom prostredí a u reálnych spoločností, boli ako príklad zvolené grafické a vizuálne štýly dvoch najväčších európskych spoločností zabezpečujúcich pozemnú a technickú obsluhu letísk.

Prvou je dcérska spoločnosť leteckého prepravcu Lufthansa, spoločnosť LEOS (skrátka pre Lufthansa Engineering and Operational Services). Jej farebné členenie je v základnej podstate veľmi podobné s finálnym farebným variantom. Jediným odlišným prvkom je väčšie zastúpenie výraznej farby v podobe žltó-oranžového farebného pruhu s nápisom Lufthansa LEOS a umiestnenie loga spoločnosti.



Obr.7-4 Verzia Lufthansa LEOS

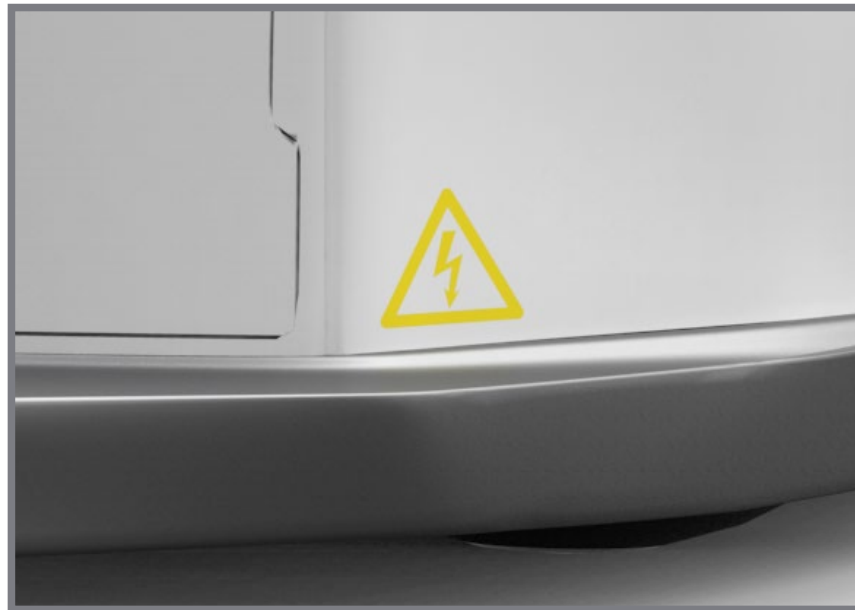
Druhou je divízia holandských kráľovských aerolínií KLM (holandsky Koninklijke Luchtvaart Maatschappij). Tá na všetku manipulačnú techniku používa výhradne svoju hlavnú firemnú farbu - jasnú sýtu svetlomodrú. Doplnená je často bielou farbou, prípadne inou neutrálnou farbou, no prevahu má vždy modrá. Toto farebné riešenie poskytuje ťahaču dobrú viditeľnosť, zároveň však udržiava a podporuje silné myšlienkové spojenie medzi ťahačom a samotnou spoločnosťou KLM a jednoduchú identifikáciu značky. V leteckom priemysle sa tak jedná o jedno z najvýraznejších využití farieb ako informačného a komunikačného prostriedku.



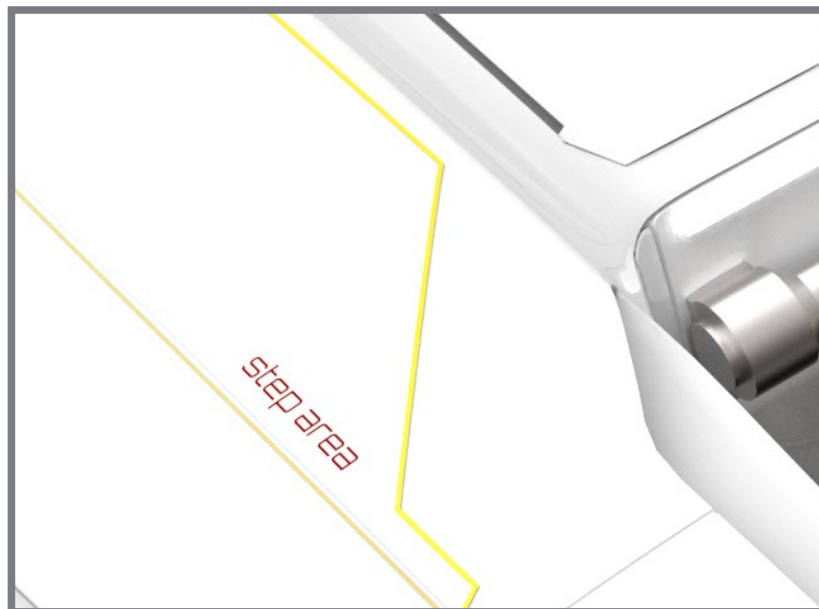
Obr.7-5 Verzia KLM

7.4 Bezpečnostná a varovná grafika

Ťahač počas prevádzky obsahuje viaceré oblasti, ktoré pri nepozornom zaobchádzaní môžu spôsobiť úraz. Napriek tomu, že sa v jeho okolí nepohybuje veľa osôb a žiadne nepovolané osoby, je vhodné na tieto oblasti upozorniť vhodným grafickým prvkom. Základné symboly vychádzajú z medzinárodne uznávanej podoby a vizuálne sú upravené tak, aby bolo možné zrealizovať ich monochromaticky.



Obr.7-7 Varovanie na elektrické zariadenie



Obr.7-6 Vrchná stojná plocha

V hornej časti bočnic ťahača sú výrazným prvkom bezpečnostné zóny vyznačené farebným pruhom.

Tieto zóny vyznačujú oblasti, kde je na ťahači možné bezpečne stáť, aby nedošlo k poškodeniu vnútorných komponentov. Zároveň upozorňujú na riziko pošmyknutia na zvažujúcich sa plochách a možnosť následného úrazu. Tieto zóny sú textom navyše označené ako step zone.

Ostatné textové označenie oblastí, kde hrozí úraz je taktiež realizované v anglickom jazyku, ktorý je štandardom pre letecký priemysel.



Obr.7-8 Upozornenie na vystupujúci horúci vzduch

7.5 Grafické číselne označovanie

7.5

Prvkom vhodným pre lokalizáciu vozidiel a ich jednoduchú identifikáciu je systém číselného označenia.

Finálny návrh je označený číslom 04, ktorý však bol zvolený ako referencia na počet kolies ktoré finálne riešenie využíva. Písmo na toto číselné označovanie bolo volené hlavne s ohľadom na vyobrazenie jednotlivých číslic. Zvolený bol konštruovaný font, typu sans serif, ktorý sa pomerne jednoduchým a technickým tvarovaním adekvátne hodil ku navrhnutému vzhľadu vozidla.

Konkrétne sa jedná o font Orbitron, ktorý pri tvarovaní kombinuje ostré a mierne zaoblené rohy jednotlivých liter.

Samotné číselné označenie vozidla sa nachádza na streche kabíny vo svetlej variante tak, aby bolo čitateľné zhora (napríklad pri pohľade z pilotného kokpitu). V tmavej variante sa číslo nachádza z oboch strán na hlavnom krytovaní tela ťahača.



Obr.7-9 Jednotlivé číselné znaky písma

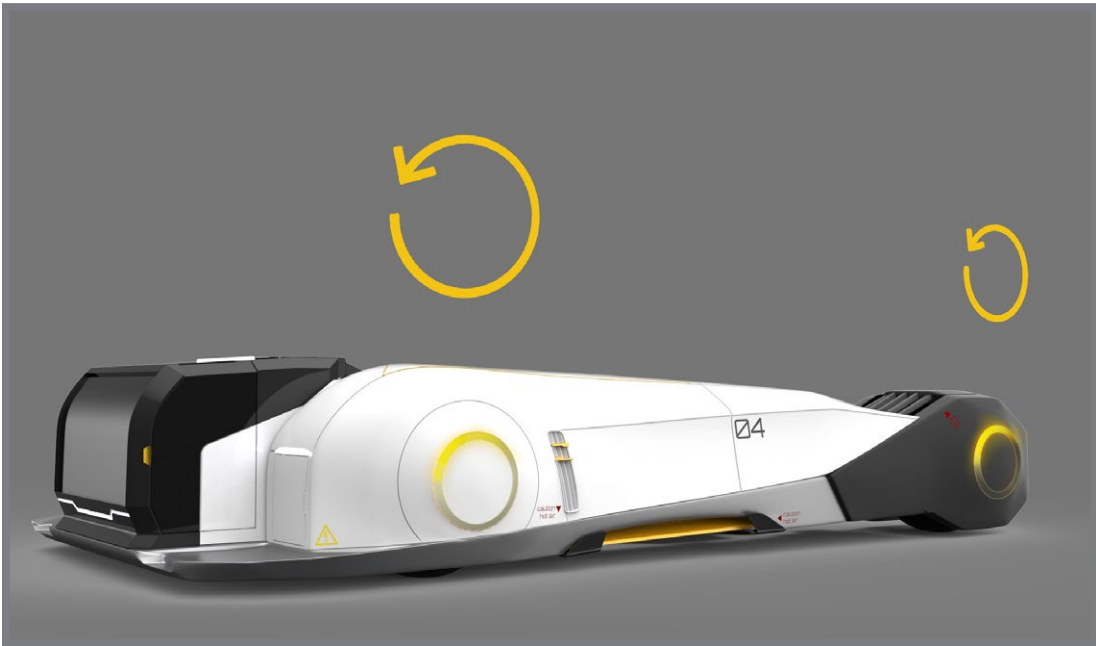


Obr.7-10 Aplikácia číselného označenia na samotnom ťahači

7.6 Systém svetelného a grafického varovania

V súčasnej dobe je možné elementy grafického dizajnu uplatňovať aj interaktívne v určitých časoch a v závislosti na okolnostiach. Vďaka novým responzívnym systémom svetlometov a svetelných panelov sú schopné variovať typológiu produkovaného svetla teda jeho intenzitu, farbu i frekvenciu. Kruhovité elementy po stranách tak môžu jednoducho signalizovať zmenu smeru pohybu a formu samotného pohybu ťahača. Čiastočné rozsvietenie jednotlivých segmentov postranných kruhov a ich rýchla rotácia tak môže slúžiť ako náhrada výstražných majákov, súvislé blikanie v prednej časti môže spolu so svietením v zadnej časti signalizovať zatáčanie daným smerom

a súvislé blikanie celých plôch môže osobu stojacu v okolí varovať, že sa ťahač v danom smere bude pohybovať krabím chodom. Pri zatáčaní ťahač môže súvislo svietiť jedným kruhom na určenej strane a blikáť druhým v závislosti na smere, ktorým zatáča. Tento systém s prípadnou zmenou farby osvetlenia môže navyše v prípade potreby slúžiť aj ako prídavné osvetlenie do strán.



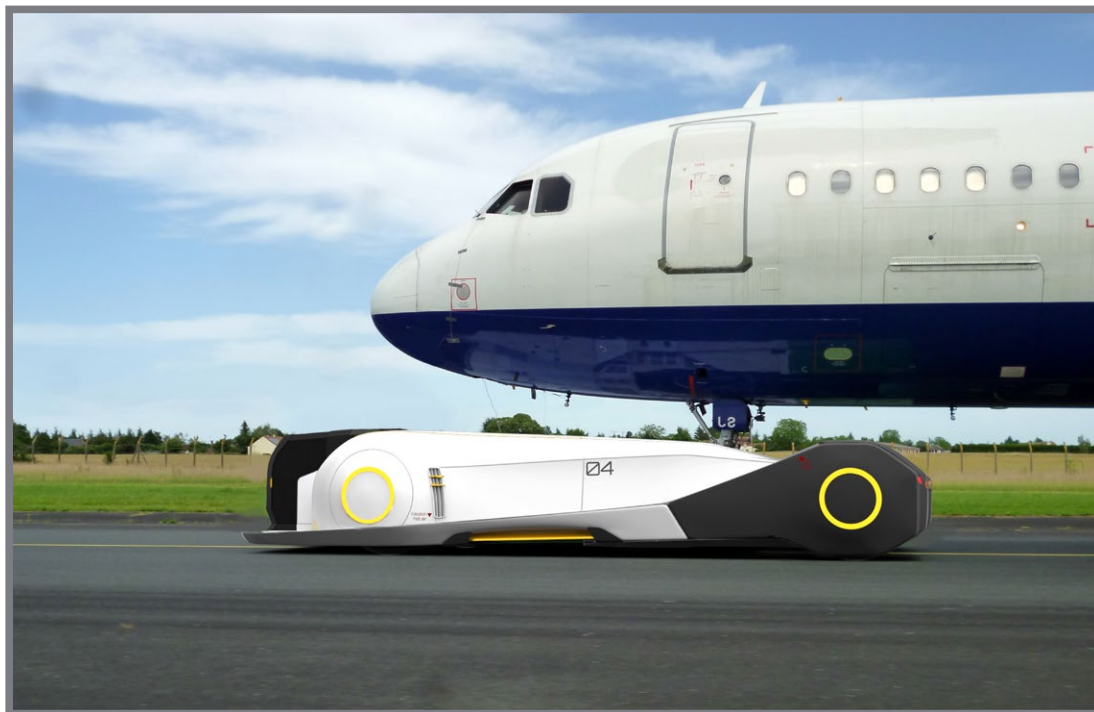
Obr.7-11 Grafické znázornenie režimu výstražných majákov

8 DISKUSIA

Návrh bezojového letiskového ťahača je návrhom pracovného stroja, ktorý musí prevažne spĺňať technické a výkonové požiadavky. Dôležitým faktorom je aj dojem, akým vplýva na spoločnosť. Prvý, teda hlavne vizuálny, dojem totiž môže jednoducho zničiť hodiny práce na samotných technických riešeniach a odradiť zákazníka od nákupu produktu a naopak, v niektorých prípadoch docieľiť, aby zákazník investoval i vyššie finančné prostriedky.

8.1 Psychologická funkcia

Letiskový ťahač je vozidlo, s ktorým do blízkeho kontaktu prichádza len obmedzený počet ľudí. Ostatní ho vnímajú najmä vizuálne. Keďže sa jedná o veľký a výkonný stroj, jeho výrazový dojem nemá byť úplne zjemnený celkovým tvarovaním. Dizajn bol zvolený tak, aby vozidlo pôsobilo robustným a silným dojmom, no zároveň disponovalo výraznými identifikačnými prvkami viditeľnými aj z diaľky a reflektujúcimi odlišné technické riešenie. Vizuálne prvky obsluhu stroja nenarúšajú štandardné procesy používania a zachovaná koncepcia rozloženia základných komponentov nemätie používateľa. Silný vplyv na psychiku používateľa má pracovný priestor, ktorý je v tomto prípade pomerne priestranný a použité technológie ktoré užívateľovi uľahčujú viaceré činnosti. V porovnaní s užívateľmi, ktorí týmito systémami nedisponujú, tak v práci zažívajú menší pracovný stres. Rizikovým javom môže byť prílišná naviazanosť užívateľa na jednotlivé systémy, vedúca k jeho nepozornosti, prípadne nespoľahlivosť týchto systémov, ktorá môže naopak ešte zvýšiť pracovný stres.



Obr.8-1 Vizualizácia ťahača pri práci na letisku

8.2 Sociálna funkcia

8.2

8.2.1 Záujem spoločnosti

8.2.1

Záujem o celkovú leteckú dopravu je v spoločnosti pomerne veľký, ale priamy záujem spoločnosti o letiskové ťahače neexistuje. Kľúčovými aspektmi sú najmä rýchlosť, komfort a celkové náklady prepravy. Letiskový ťahač na viacero týchto aspektov či už priamo alebo nepriamo vplýva. Rýchlejšími a efektívnejšími presunmi sa skrátí dĺžka presunov lietadiel po ploche letiska, beh leteckých motorov na voľnobeh zníži vibrácie a hluk v lietadle. Súčasne zníženie nákladov leteckej spoločnosti môže viesť k zníženiu leteniek. Letisko sa tak môže prezentovať ako ekologicky zamerané a zvýšiť záujem u určitých skupín ľudí. Zároveň sa jedná o vizuálne aj technologicky zaujímavý a netradičný stroj, ktorý môže zaujať v komunitách zaujímajúcich sa o lietadlá a leteckú prevádzku.

8.2.2 Ekológia

8.2.2

Jedným z hlavných cieľov vyspelej spoločnosti by mala byť snaha zastaviť nežiadúce vplyvy ľudstva na životné prostredie, alebo ich aspoň maximálne redukovat'. Technické riešenia, ktoré sú zahrnuté v návrhu designu letiskového ťahača výrazne redukovujú ekologický dopad fosílnych palív (napríklad skleníkových plynov); znížením spotreby leteckých motorov. Samotný ťahač používa formu hybridného pohonu, ktorá taktiež pozitívne vplýva na spotrebu. Z dlhodobého horizontu tak nedochádza k masívnemu vyčerpaniu neobnoviteľných zdrojov.

S príchodom a používaním elektromotorov, sa ako prostriedok znižovania energetických strát využívajú rekuperačné systémy. Tie sú schopné elektrickú energiu pri brzdení stroja ukladať a následne využiť znova v iných okamihoch prevádzky (napríklad pri opätovnom štarte). Navyše efektívnosť týchto systémov je vďaka vysokej hmotnosti sústavy ťahač-lietadlo už aj pri súčasných riešeniach nadpriemerne vysoká a vývoj v tejto oblasti výrazne napreduje.

Z pohľadu samotných použiteľných materiálov sa ako najviac problematické javia batérie a gumené pneumatiky. Problémom sférických pneumatík je ich veľká plocha a teda aj objem použitej gumeny. Výroba gúm je ešte stále silne založená na fosílnych palivách a je energeticky náročná, navyše pri horení uvoľňuje toxické spaliny. Ekológia batérií výrazne závisí na technologickom vývoji v tejto oblasti. Súčasná produkcia je zameraná na používanie vzácnych kovov, a bez kvalitnej recyklácie batérií, sa tieto kovy rýchlo strácajú. Batérie použité v návrhu sú však vysokocyklické a preto ich starnutie a výmena, nebude prebiehať tak rýchlo a často, ako u ostatných batérií. Navyše prognózy hovoria o príchode batérií, ktoré nebudú vyžadovať vzácne kovy a ich recyklácia aj výroba bude jednoduchšia. Recyklácia bežných kovov použitých na ostatných technických častiach je na vyspelej úrovni skoro vo všetkých oblastiach rozvinutého sveta a ich používanie nezaťažuje výrazne životné prostredie. Recyklácia plastov, ktoré nie sú kompozitné je v súčasnej dobe pomerne rozvinutá a ďalší vývoj, navyše ich odolnosť vplýva na funkčnosť ich používania.

8.3 Ekonomická funkcia

Letiskové ťahače patria do špecifickej skupiny vozidiel, ktoré sa pohybujú v priestoroch letiska a sú vyrábané pomerne úzkou skupinou výrobcov. Títo výrobcovia sú na trhu dlhodobo a väčšinou v minulosti pohltili konkurenčných výrobcov, čím si posilnili a poistili svoju pozíciu na trhu.

Zároveň oplývajú dlhoročnými skúsenosťami, spoľahlivosťou portfólia svojich produktov a kvalitou spracovania.

Vstup akéhokoľvek nového subjektu, bez získania odborníkov v tejto oblasti, je takmer nemožný a zároveň vyžaduje vysoký vstupný kapitál. Svoj návrh preto koncipujem ako investične vhodný pre jednu z aktuálnych spoločností na trhu, konkrétne firmu TLD.

8.3.1 PODNIKATEĽSKÁ STRATÉGIA

Stručná analýza a hodnotenie zdrojov podniku

Podnik vlastní niekoľko výrobných liniek v Európe i vo svete a keďže sa orientuje na medzinárodný trh, má aj rozsiahlu sieť predajcov a servisných technikov v 22 krajinách. Zamestnáva vyše 1000 zamestnancov.

Na výrobu technologicky zložitých komponentov využíva jedného subdodávateľa na daný komponent pre všetky produkty portfólia. [17]

Popis súčasného sortimentu výrobku

Sortiment je tvorený takmer všetkými vozidlami spadajúcimi pod hromadné označenie Vybavenie pozemnej podpory (Ground Support Equipment)- Lietadlové ťahače, ťahače batožiny, transportéry, nakladače, cisterny, atď. Pokrýva súčasne požiadavky súkromného sektoru aj armády.

Stručný popis ekonomické a finančnej situácie podniku

Finančná situácia má jasne stúpajúcu tendenciu. Predaj motorizovaných jednotiek v roku 2014 dosiahol hodnotu 3000 predaných kusov s medzoročným nárastom 500 kusov oproti roku 2013. Výnos firmy za rok 2015 bol 485 000 000 USD (United states dollar) čo voči roku 2014 predstavuje nárast 20 miliónov dolárov a od roku 2011 nárast 150 miliónov USD. [17] [18] [19]

Stanovenie cieľa a formulovanie stratégie

Vzhľadom k súčasnej situácii spoločnosti sa javí strategicky najvýhodnejšie cieľiť na udržanie silného postavenia. a prípadné posilnenie rozšírením portfólia o nové vozidlá s lepšimi technologickými ale aj užívateľskými riešeniami.

8.3.2 ANALÝZA TRHOVÝCH PRÍLEŽITOSTÍ

Najväčšími konkurenčnými firmami sú firma Goldhofer-Schopf a firma TUG Technologies. Nasledujú ich ďalšie spoločnosti ako Lektro, John Bean Technologies corpo-

ration, Kalmar motor, Mototok a ďalší menší výrobcovia. Spoločným znakom je ich pomerne dlhá história a pobyt na tomto trhu.

Goldhofer- Schopf

Bývalí súper na trhu sformovali v roku 2013 fúziu, aby posilnili svoju pozíciu na trhu. Spoločnosť sa neorientuje na všetky produkty spadajúce do kategórie Ground support Equipment, ale primárne práve na letiskové ťahače a vozidlá na prepravu nákladu či batožiny. Keďže Firma Goldhofer má aj iné ekonomické záujmy a nepohybuje sa výhradne len v leteckom priemysle, rozmery spoločnosti sú takmer identické s firmou TLD.

TUG Technologies

Firma TUG technologies taktiež vznikla a rástla podobne, ako ostatné najvýznamnejšie konkurenčné spoločnosti, pohltením viacerých menších firiem. Orientuje sa výhradne na Ground support equipment a prezentuje sa ako jedna z vedúcich na trhu. Jej lietadlové ťahače sa predávajú pod značkou Douglas, ktorá má výrobné zázemie vo Veľkej Británii.

John Bean Technologies

JBT pôsobí mimo oblasti leteckej techniky aj v oblasti spracovania potravín. V oblasti letiskových ťahačov disponuje vozidlami takmer vo všetkých výkonových kategóriách. Ich ťahače nie sú globálne rozšírené a vyskytujú sa skôr lokálne.

Kalmar Motor

Kalmar je švédská spoločnosť, ktorá sa orientuje na výrobu všetkých veľkostí a výkonových kategórií obojstranných a bezojových ťahačov. Jej trhový podiel je nižší než predošlých konkurentov.

Firma Lektro (vynálezca bezojových ťahačov) a firma Motokok vyrábajú v súčasnosti ťahače len pre nižšie hmotnostné kategórie lietadiel a tak konkurujú vyššie uvedeným firmám iba nepriamo.

Analýza a prognóza dopytu

Podľa štatistík a odhadov Medzinárodnej organizácie pre civilné letectvo sa predpokladá, že v roku 2030 bude prepravených v medzinárodných leteckých službách 6 miliárd cestujúcich (v roku 2011 bolo prepravených 2,7 miliárd ľudí) a počet letov sa má zdvojnásobiť z 30 na 60 miliónov. Rovnaké tendencie sa očakávajú aj v nákladnej leteckej preprave. Je preto jasné, že dopyt po leteckých ťahačoch a zároveň požiadavky na vývoj budú v budúcnosti narastať. [20]

8.3.3 VÝBER CIEĽOVÝCH TRHOV

Segmentácia trhu

Letiskový ťahač je úzko špecializovaný produkt a preto je aj trh pomerne úzky. Napriek tomu, aj v tomto prípade existuje určitá segmentácia, ktorú môžeme analyzovať a popísať.

Geografická segmentácia

Trh s lietadlovými ťahačmi sa orientuje celosvetovo a pomerne logicky na krajiny so rozvinutou sieťou leteckej dopravy. Jedná sa primárne o krajiny prvého a druhého sveta, ktoré investujú do rozvoja leteckej prepravy. Lietadlový ťahač je výhodný prevažne pre letiská s vyššou frekvenciou odletov a priletov; a následne pre letiská, kde sa prevádza údržba i oprava lietadiel.

Demografická segmentácia

Nákup letiskových ťahačov nie je väčšinou realizovaný fyzickými, ale právnickými osobami.

V súčasnosti vlastníctvom ťahačov disponujú letiská, letecké spoločnosti, hangáre, servisné strediská leteckej prepravy, samotní výrobcovia leteckej techniky. Napriek tomu, že malé lietadlové ťahače sú aj vo vlastníctve súkromných osôb, nedá sa predpokladať v budúcnosti zvýšený záujem týchto osôb; primárne z dôvodu, že vlastníctvo súkromného lietadlového ťahača je finančne náročné a investične nevýhodné.

Analýzou osôb týchto dvoch skupín však môžeme vyčleniť, že cieľovú skupinu budú tvoriť prevažne muži od 30 do 50 rokov, s technickým vzdelaním a záujmom o leteckú techniku. Sú to osoby s dobrým finančným zabezpečením a spadajúce do vyššej spoločenskej triedy.

Ďalšou skupinou, ktorá prichádza do kontaktu s vozidlom je obsluha, ktorú tvoria tiež prevažne muži od 25 do 60 rokov s technickým vzdelaním, ktorí sú však členmi vyššej strednej triedy a ich záujem je orientovaný na užívateľský komfort a kvalitnú podporu zo strany výrobcu v prípade poruchy.

Psychografická segmentácia

Oblasť leteckej prepravy je pomerne konzervatívna a legislatívne zviazaná, nákupy leteckej techniky pre letiská sa realizujú pomocou výberových konaní, kde konkurenčné firmy súperia proti sebe. Väčšou slobodou v nakupovaní disponujú súkromne spoločnosti.

Predpokladaná orientácia nakupujúceho je na firmu, ku ktorej má dôveru, a s ktorou má osobné skúsenosti z predošlých rokov. Príležitosťou, ktorá môže vyvolať migráciu klientov je uvedenie unikátneho riešenia na trh, schopného presvedčiť investora o zmene.

Výber cieľového trhu

Mojim hlavným zámerom je orientovať sa na zákazníkov, ktorí početne využívajú letiskové ťahače na viaceré činnosti- hlavne na letiská a letecké spoločnosti.

8.3.4 MARKETINGOVÁ STRATÉGIA

8.3.4

Výrobová stratégia

Na súčasnom trhu sa vyskytujú vozidlá, ktoré zdieľajú rovnakú koncepciu. Technologické rozdiely sú viditeľné pri samotných inžinierskych riešeniach, ale pre bežného pozorovateľa sú takmer nebadateľné. Vizualne sa výrobky takmer nelíšia majú podobné kvádrové tvarovanie, identickú farebnosť (spôsobenú hlavne identickou oblasťou pôsobenia) a sú vybavené univerzálnou kabínou identickou pre viaceré modely z portfólia daného výrobcu. Týmto sa naskytá možnosť inovovať celkový vzhľad a vytvoriť jedinečný produkt.

Dôležité je zachovanie technickej kvality spracovania, dobrých servisných prístupov ale aj podpora formou služieb spojených s predajom týchto produktov- nonstop technickou podporou a rýchlym a flexibilným servisom.

Cenová úroveň

Cena letiskových ťahačov sa pohybuje v rozdielnych hladinách a závisí na výkonnej kategórii ťahača ako i na požiadavkách užívateľa. Najdôležitejším faktorom nie je celková cena, ale investičná návratnosť. Ak zvýšenie vstupnej investície bude znamenať rýchlejšiu návratnosť, záujemca je ochotný investovať do takéhoto produktu. Preto je možné nový lepší produkt predávať so zvýšenou cenou. Najvýkonnejšie modely sa v súčasnosti pohybujú okolo 14 000 000 Kč.

Distribúcia

Výrobcovia využívajú širokú sieť predajných miest, s predajcami špecializovanými na špecifické krajiny a jazyky. Ďalšou možnosťou je partnerský predajca, ktorý v tomto prípade zastupuje spoločnosť za určitý podiel zo zisku. Samotná preprava ťahačov je realizovaná priamo z výroby k nakupujúcemu väčšinou najlogickejším možným spôsobom prepravy, teda letecky. Na prepravu náhradných dielov k dealerom sa následne využívajú aj ostatné formy dopravy ako vlaková a cestná preprava.

Podpora predaja

Pri predaji vybavenia pozemnej podpory je výrazná investícia do foriem masového marketingu zbytočná a neefektívna. Najvýznamnejšia je účasť na veľtrhoch špecifikovaných pre danú oblasť, kde jednotlivé firmy prezentujú svoje produkty v konkurenčnom prostredí. Následne by bolo určite vhodné investovať do webovej prezentácie samotnej spoločnosti, keďže v súčasnosti webové stránky konkurencie vo väčšine prípadov pôsobia chabo a chaoticky, čím znižujú možný záujem užívateľa.

8.3.5 SWOT

Jednotlivé body SWOT analýzy návrhu sú prezentované v tabuľke.

	POMOCNÉ dosiahnutie cieľa	ŠKODLIVÉ dosiahnutie cieľa
VNÚTORNÝ POVÔD atribúty organizácie	Silné stránky - zlepšenie užívateľského komfortu - vizuálne spracovanie -servis	Slabé stránky - zvýšenie výrobných nákladov - poruchovosť nových technológií -vyššia predajná cena
VONKAJŠÍ POVÔD atribúty prostredia	Príležitosti - Rozvoj leteckej dopravy - inovácia trhu -ekológia vozidla	Hrozby - Príchod odlišnej technológie - nasýtený trh -neprijatie produktu

Obr.8-2 SWOT analýza

9 ZÁVER

Diplomová práca sa zaoberá témou designu bezojového letiskového ťahača. Cieľom bolo navrhnuť letiskový ťahač vysokej výkonovej kategórie určený pre veľké dopravné lietadlá, primárne pre osobnú prepravu. Navrhnutý design reflektuje použité technologické riešenia, ktoré by mali vizuálne vplývať na celkový vzhľad.

V úvode riešenia práce bolo podstatné získať čo najväčší náhľad do problematiky, vďaka čomu bolo možné vytýčiť základné rámcové oblasti záujmu. Vznikla tak analýza súčasnej produkcie výrobcov v tomto segmente a technická analýza zaoberajúca sa jednotlivými kľúčovými časťami letiskových ťahačov a odlišnostiam v ich technických riešeniach, výrobných riešeniach či použitých materiáloch. Dôležitou súčasťou bola aj diskusia s obsluhou ťahača a analýza procesov, na ktoré sa ťahače využívajú. Tieto rešerše naznačili smerovania, v ktorých sa návrh má vyvíjať a na základe toho bolo následne možné vytýčiť základné ciele celej práce.

Variantné návrhy mali za úlohu priniesť do problematiky designového návrhu letiskového ťahača spektrum riešení, ktoré v rozdielnej miere pristupovali k designu ťahača, a vytvárali spektrum návrhov ktoré sa dali charakterizovať ako evolučné a jednoducho realizovateľné až po riešenia výrazne modifikujúce bezojový letiskový ťahač.

Finálny variant vznikol na základe konceptu využívajúceho sférické pneumatiky, ktoré sa následne stali hlavnou technologickou inováciou tohto návrhu. Návrh sa teda musí vnímať ako vízia, pretože je otázne či, a v akom rozsahu, sa jednotlivé technické riešenia budú dať uplatniť v reálnej produkcii a na reálnom trhu.

Využitie sférických pneumatík poskytuje užívateľovi viacero výhod. Prináša minimálny polomer otáčania a zároveň sa ťahač, napriek veľkým rozmerom, dá jednoducho ovládať a vie citlivo reagovať na vstupné podnety. Samotný pohon pneumatík je realizovaný pomocou elektromagnetov. Jedná sa teda o vozidlo s primárne elektrickým pohonom, ktorý je však doplnený o spaľovací motor. Samotný uchopovací mechanizmus, ako výrazný prvok stroja, ostal zachovaný v podobe, ktorá je v súčasnosti známa. Návrh taktiež využíva riešenia semiautónomnych systémov, ktoré umožňujú presun lietadiel až k samotnej štartovacej dráhe, a výrazne redukovujú spotrebu paliva lietadiel, v súčasnosti využívaného pri týchto presunoch. Zároveň návrh počíta s aplikáciou a vývojom ďalších autonómnych asistenčných systémov vhodných pre toto vozidlo.

Tvarové riešenie odráža vzhľad použitých technológií, najmä použitého systému pohonu a pneumatík. Je založené na optickom umiestení hmoty nad prednými pneumatikami. Návrh pracuje s klesajúcou siluetou avšak pridáva rozdelenie tela na jednotlivé oddelené časti. Predná a zadná časť sú v rozdielnom funkčnom a teda aj vizuálnom riešení, čo v návrhu vytvára určitý kontrast. Zároveň však majú spoločné znaky a nepôsobia oddelene. Celkovo tieto prvky vytvárajú dojem vozidla s veľkou silou a mohutnosťou.

Návrh designu bezojového letiskového ťahača prináša víziu možného budúceho vývoja letiskových ťahačov a leteckej dopravy, u ktorej sa predpokladá jej budúci rozvoj.

10 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] *USS YORKTOWN CV 10* <http://s715.photobucket.com/> [online], [cit. 2016-03-13] Dostupné z: http://s715.photobucket.com/user/hammerman_01/media/ATBM-3AvengerofVT9istowedacrosstheflightdeckoftheYorktownCV10whileotherstowedF6FHellcatfightersintoposition1945.jpg.html
- [2] *Letištní tahače značky Tatra* <http://www.tatra-club.com/> [online], ©2013 [cit. 2016-03-13] Dostupné z: <http://www.tatra-club.com/graphics/articles/115/images/full/letistni-tahace-znacky-tatra-837.jpg>
- [3] *The History Of Ground Support Equipment* <http://www.aviationpros.com/> [online], ©2013 [cit. 2016-03-13] Dostupné z: <http://www.aviationpros.com/article/10863157/the-history-of-aircraft-ground-support-equipment>
- [4] *Letištní tahače značky Tatra na pražské Ruzyni*. <http://www.planes.cz/> [online], ©2012 [cit. 2016-03-13] Dostupné z: <http://www.planes.cz/cs/article/100547/letistni-tahace-znacky-tatra-na-prazske-ruzyni>
- [5] *Goldhofer - Towbarless Aircraft Tractors and Aircraft Recovery Systems*. <http://www.airport-technology.com/> [online], ©2012 [cit. 2016-10-19] Dostupné z: <http://www.airport-technology.com/contractors/groundequipment/goldhofer/>
- [6] *Technická specifikace towbarless pushback tractor* <http://www.airport-ostrava.cz/> [online], ©2011 [cit. 2016-10-19] Dostupné z: http://www.airport-ostrava.cz/UserFiles/File/Projekty_web/SaZII/technicka-specifikace-towbarless-pushback-tractor.pdf
- [7] *The powerful alternative*. <http://www.goldhofer.de/> [online], ©2013 [cit. 2016-10-18] Dostupné z: <http://www.goldhofer.de/en/towbarless,29.html>
- [8] *TPX-500-S*. <https://freightquip.com> [online], [cit. 2016-10-19] Dostupné z: <https://freightquip.com/tld/towbarless-aircraft-tractors/>
- [9] *Douglas TBL600*. <http://www.douglashistory.co.uk/> [online], [cit. 2016-10-19] Dostupné z: http://www.douglashistory.co.uk/history/image_folder/douglas_tbl600.jpg
- [10] *TBL 600* <http://www.tugtech.com/> [online], ©2011 [cit. 2016-10-18] Dostupné z: <http://www.tugtech.com/brochures/TBL-600.pdf>
- [11] *Releasing* <http://www.kalmarmotor.com/> [online], ©2013 [cit. 2016-03-18] Dostupné z: <http://www.kalmarmotor.com/products/tbl-hybrids/>
- [12] *Taxibot*. <https://i.ytimg.com/> [online], [cit. 2016-10-18] Dostupné z: <https://i.ytimg.com/vi/ZYE39GB1YCM/maxresdefault.jpg>
- [13] Hospodka, J.: *Electric taxiing – Taxibot system*. MAD – Magazine of Aviation Development. 2014, vol. 2, no. 10, p. 17-20. ISSN 1805-7578
- [14] *TaxiBot® Taxiboting Concept*. <http://www.taxibot-international.com/> [online], [cit. 2016-10-18] Dostupné z: <http://www.taxibot-international.com/concept>
- [15] *Mototok Spacer* <http://www.mototok.com/> [online], [cit. 2016-10-18] Dostupné z: <http://www.mototok.com/img/mototok-spacer-an-incredible-piece-of-german-engineering.jpg>
- [16] *Spacer 8600 MA* <http://www.mototok.com/> [online], [cit. 2016-10-18] Dostupné z: <http://http://www.mototok.com/tugs/spacer#Spacer-8600-MA>
- [17] *TLD Highlights 2015-2016* <http://www.tld-group.com/> ©2015 [online], [cit. 2016-10-19] Dostupné z: http://www.tld-group.com/wp-content/uploads/2015/10/21sept_tldhighlight_2015-20162.pdf
- [18] *TLD Highlights 2013-2014* <http://www.tld-group.com/> ©2014 [online], [cit. 2016-10-19] Dostupné z: <http://www.tld-group.com/wp-content/uploads/2014/06/tldhighlights2013-2014.pdf>
- [19] *TLD Highlights 2010-2011* <http://www.tld-group.com/> [online], [cit. 2016-10-19] Dostupné z: <http://www.tld-group.com/wp-content/uploads/2014/06/tldhighlights2013-2014.pdf>
- [20] *Koncepce letecké dopravy pro období 2015-2020* <http://www.mdcz.cz/> [online], [cit. 2016-10-19] Dostupné z: <http://www.mdcz.cz/cs/Strategie/Koncepce+leteck%C3%A9+dopravy++pro+obdob%C3%AD+2015-2020.htm>
- [21] Aschenbrenner N.: *Aircraft Tractors Driven from the Cockpit Save Thousands of Tons of Fuel*. <http://www.siemens.com/> [online], ©2015 [cit. 2016-10-18] Dostupné z: <http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/mobility-and-motors/electromobility-aircraft-tractors.html>
- [22] *Pins for pushback* <https://commons.wikimedia.org/> [online], [cit. 2016-11-01] Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pins_for_pushback.jpg
- [23] Bammel M.: *AST 1 XFW* <http://www.schwertransport-historie.de/> [online], ©2006 [cit. 2016-11-01] Dostupné z: http://schwertransport-historie.de/images/big/ast_1_x/ast_1_x_xfw_005.jpg
- [24] Elmore Ch.: *Support from Below* <http://www.oemoffhighway.com/> [online], ©2006 [cit. 2016-10-18] Dostupné z: http://r3.oemoffhighway.com/files/base/acbm/ooh/image/2010/11/640w/caption2__10206367.jpg [upravené autorom]
- [25] Bammel M.: *AST 1 diesel* <http://www.schwertransport-historie.de/> [online], ©2013 [cit. 2016-11-01] Dostupné z: http://www.schwertransport-historie.de/images/big/ast_1_x/ast_1_x_mm_diesel.jpg
- [26] Becker T.: *Lufthansa LEOS Goldhofer AST-1X Towbarless Aircraft Tractor* <http://www.flickr.com/> [online], ©2006 [cit. 2016-11-01] Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/thomasbecker/8995439381/sizes/h/>
- [27] Cook C.: *Taxibot Mechanism* <http://www.airportsinternational.com/> ©2012 [online], [cit. 2016-10-18] Dostupné z: <http://www.airportsinternational.com/wp-content/uploads/2012/08/2-P1090041.jpg>
- [28] *Autotest: Douglas Super Tug TBL 600* <http://www.topgear.nl/> ©2010 [online], [cit. 2016-10-18] Dostupné z: <http://www.topgear.nl/thumbs/hd/image/popup/autotest-douglas-super-tug-tbl-600-full-18012012120301-4901.jpg>
- [29] Bammel M.: *AST 1 welding* <http://www.schwertransport-historie.de/> [online], ©2006 [cit. 2016-11-01] Dostupné z: http://www.schwertransport-historie.de/images/big/ast_1_x/ast_1_x_mm_welding.jpg
- [30] Bammel M.: *Heavy haulage history* <http://www.schwertransport-historie.de/> [online], ©2006 [cit. 2016-11-02] Dostupné z: http://www.schwertransport-historie.de/pages/frameset/start_e.html
- [31] *HOW TO SAVE MONEY ON TRAINING FOR THE OPERATION OF AIRCRAFT TUGS* <https://www.mototok.com/> ©2017 [online], [cit. 2017-4-18] Dostupné z: https://www.mototok.com/hubfs/Blogbilder/160114NM_Mototok.jpg?t=1493373328603
- [32] *Goodyear unveils Eagle-360, a visionary tire concept for future autonomous vehicles* <http://news.goodyear.eu/> [online], ©2016 [cit. 2016-11-29] Dostupné z: <http://news.goodyear.eu/events/innovation--automated-driving--autonomous-vehicles--self-driving-cars--goodyear--future-mobility--co/s/87437154-19d9-4f0d-b7dd-fc6cf1309467>

- [33] RUBÍNOVÁ, D.: *Metodika zahrnutí ergonomických aspektů do designérského návrhu*. Brno, 2002. [cit. 2016-05-01] Dostupné z: http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=488. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [34] *Goodyear Eagle 360* <http://www.motor1.com/> [online], [cit. 2017-05-02] Dostupné z: <https://icdn-5.motor1.com/images/mgl/eGgE8/s1/wcf-geneva-motor-show-goodyear-eagle-360-spherical-tire1.jpg>
- [35] SICILIANO, Bruno. Springer handbook of robotics. 1. vydanie, New York, NY: Springer Heidelberg, ©2007, 1611 s. ISBN 978-3-5402-3957-4

11 ZOZNAM OBRÁZKOV A GRAFOV**11**

Obr.2-1	Traktory Ford 9N ťahajúce F6F Hellcat [1]	14
Obr.2-2	Tatra 815 TL [2]	15
Obr.2-3	Goldhofer AST 1-600 [7]	16
Obr.2-4	TLD TPX 500-S [8]	17
Obr.2-5	Douglas Tugmaster TBL600 [9]	18
Obr.2-6	Kalmar TBL 800 [11]	18
Obr.2-7	Taxibot [12]	19
Obr.2-8	Mototok Spacer [15]	20
Obr.2-9	Ťažné oje určené pre jednotlivé modely lietadiel [22]	21
Obr.2-10	Pohľad na nadvihnutý podvozok lietadla [23]	22
Obr.2-11	Základné časti bezojového ťahača (A: Pohon, B: Zavesenie kolies, C: Uchopovací mechanizmus, D: Kabína) [24]	23
Obr.2-12	Dieslový motor pripojený na hydraulické čerpadlo [25]	24
Obr.2-13	Natočenie kolies modelu Goldhofer AST-1 1280 [26]	25
Obr.2-14	Detail na kolísku ťahača Taxibot umožňujúcu prenos ovládania [27]	26
Obr.2-15	Pohľad na kabínu Douglas vybavenú otočným riadením [28]	27
Obr.2-16	Bezdrátový ovládací panel ťahačov od firmy Mototok [31]	27
Obr.2-17	Príprava na zváranie rámu vo firme Goldhofer [29]	28
Obr.4-1	Variant 1	31
Obr.4-2	Variant 2	32
Obr.4-3	Goodyear 360 EAGLE koncept [34]	33
Obr.4-4	Variant 3	34
Obr.5-1	Základné línie pri pohľade z boku	35
Obr.5-2	Tvarové riešenie, trojštvrťinový pohľad z nadhľadu	36
Obr.5-3	Predná časť ťahača	37
Obr.5-4	Spodný výdych vzduchu	37
Obr.5-5	Bočný výdych vzduchu	38
Obr.5-6	Kryty zadných pneumatík	39
Obr.5-7	Predná časť ťahača s plošinou	39
Obr.5-8	Pohľad na kabínu z podhľadu	40
Obr.5-9	Napojenie kabíny na telo ťahača	41
Obr.5-10	Pohľad na čelné osvetlenie	41
Obr.5-11	Zadný svetlomet	42
Obr.5-12	Detail na kruhové svetlo	42
Obr.5-13	Uchopovací mechanizmus	43
Obr.6-1	Základné vnútorné rozloženie komponentov	44
Obr.6-2	Základné rozmery ťahača	45
Obr.6-3	Celkové polomery otáčania	46
Obr.6-4	Otvorený mechanizmus	47
Obr.6-5	Mechanismus ťahača s predným podvozkom lietadla Airbus a350	47
Obr.6-6	Hlavný nosný rám	48
Obr.6-7	Koncepčný návrh vzorky pneumatiky	49
Obr.6-8	Blokový návrh uloženia pneumatiky	49
Obr.6-9	Schéma hlavného chladenia vnútorného priestoru	50
Obr.6-10	Pohľad na hornú štrbinu nasávania	50

Obr.6-11	Mechanizmus so zvýraznenými hydraulickými piestami	51
Obr.6-12	Základná konštrukcia kabíny	52
Obr.6-13	Priezor zadnej kamery	53
Obr.6-14	Osoba priemernej výšky prístupujúca k plošine	54
Obr.6-15	Grafické znázornenie súčasného otvárania dverí a strešného okna	55
Obr.6-16	Osoba stojaca v priestore vytvorenom posuvným strešným oknom	55
Obr.6-17	Kabína so sedačkou otočenou dopredu	56
Obr.6-18	Kabína so sedačkou otočenou dozadu	57
Obr.6-19	Výhľadové uhly vo vertikálnej rovine	58
Obr.6-20	Výhľadové uhly v sagitálnej rovine	59
Obr.6-21	Výhľadové uhly vo frontálnej rovine	59
Obr.6-22	Čelné osvetlenie ťahača	60
Obr.6-23	Zadné výstražné osvetlenie ťahača	60
Obr.6-24	Zadné osvetľovacie svetlomety	61
Obr.6-25	Pozorovacie uhly hlavných kamier prístupných obsluhy	61
Obr.6-26	Schémetické zobrazenie režimu posuvu a režimu zatáčania	62
Obr.6-27	Základný prístup k servisu	63
Obr.7-1	Finálna farebná kombinácia	65
Obr.7-2	Zelený farebný variant	66
Obr.7-3	Červený farebný variant	66
Obr.7-4	Verzia Lufthansa LEOS	67
Obr.7-5	Verzia KLM	67
Obr.7-7	Varovanie na elektrické zariadenie	68
Obr.7-6	Vrchná stojná plocha	68
Obr.7-8	Upozornenie na vystupujúci horúci vzduch	69
Obr.7-9	Jednotlivé číselné znaky písma	70
Obr.7-10	Aplikácia číselného označenia na samotnom ťahači	70
Obr.7-11	Grafické znázornenie režimu výstražných majákov	71
Obr.8-1	Vizualizácia ťahača pri práci na letisku	72
Obr.8-2	SWOT analýza	78

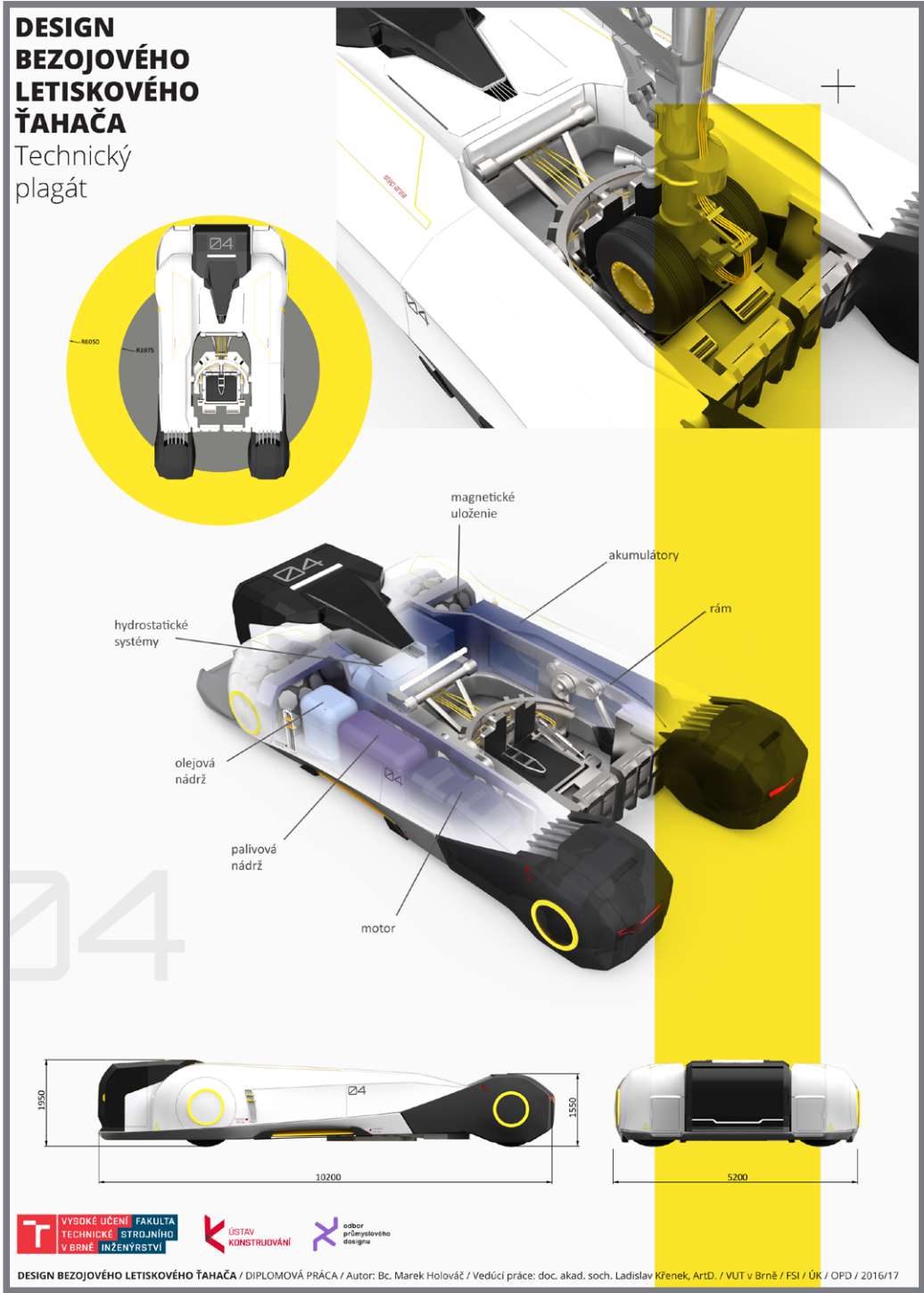
12 ZOZNAM PRÍLOH

Náhľad designerského posteru (A4)
Náhľad technického posteru (A4)
Náhľad ergonomického posteru (A4)
Náhľad prezentačného posteru (A4)
Fotografie modelu (A4)
Prezentačný poster (A1)
Ergonomický poster (A1)
Technický poster (A1)
Designérsky poster (A1)
Model 1:20
Portfólio

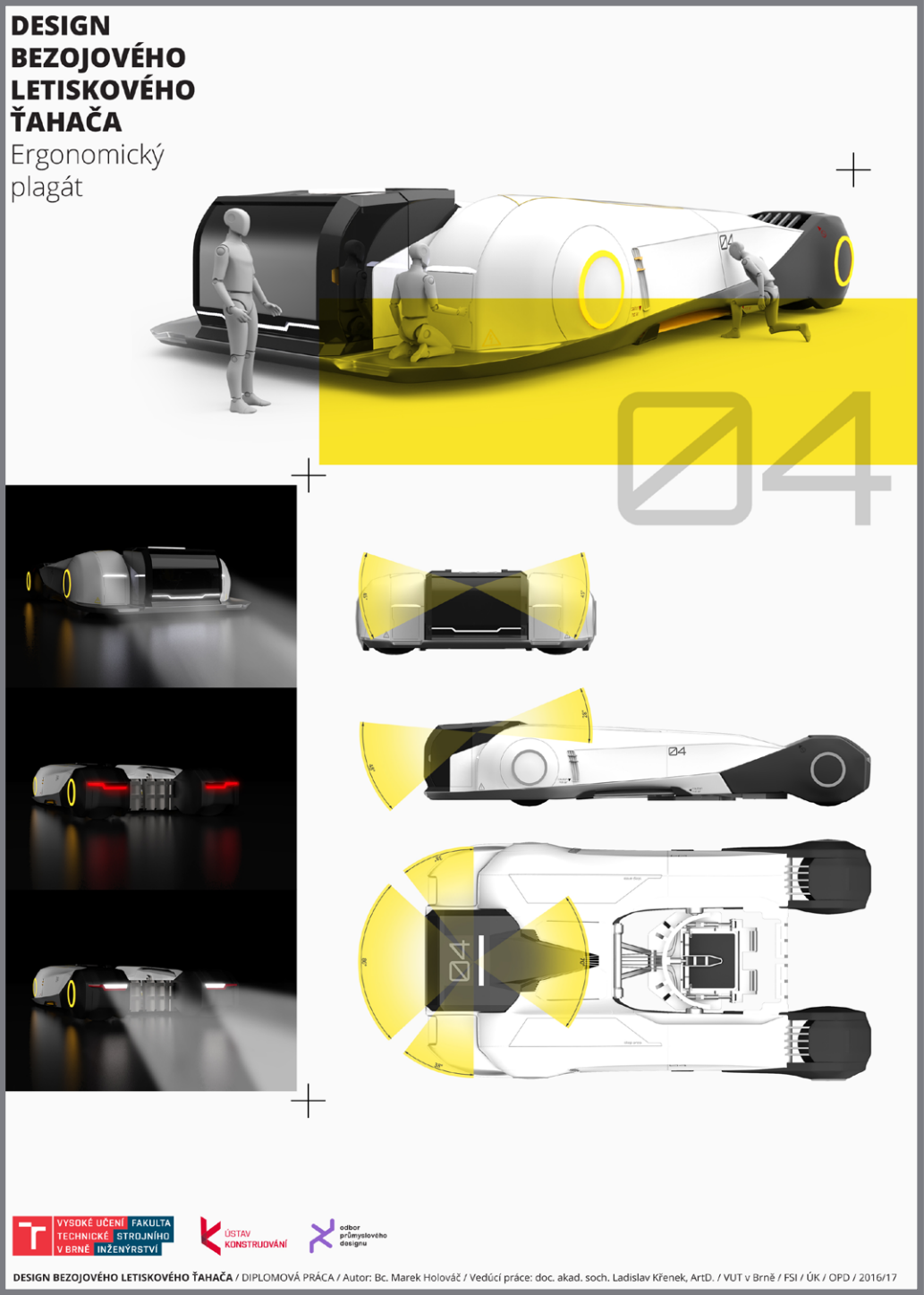
NÁHLAD DESIGNÉRSKEHO POSTERU (A4)



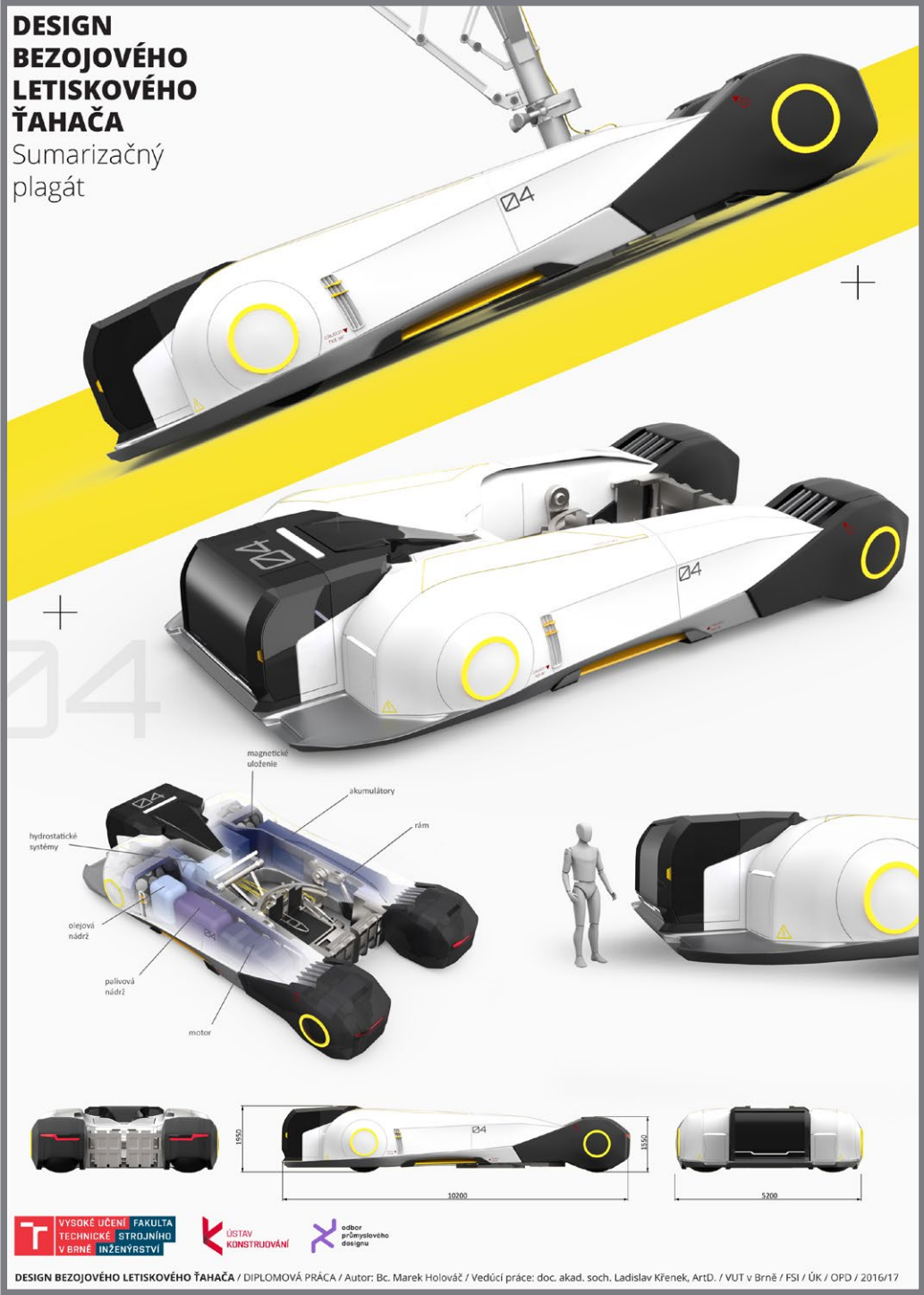
NÁHLAD TECHNICKÉHO POSTERU (A4)



NÁHLAD ERGONOMICKÉHO POSTERU (A4)



NÁHLAD DIZAJNÉRSKEHO POSTERU (A4)



FOTOGRAFIE MODELU (A4)

